

**DER BLEI-, CADMIUM- UND MANGANGEHALT
IN MENSCHLICHEN GEWEBEN
IN ABHÄNGIGKEIT VON ALTER, GESCHLECHT,
LEBENSGEWOHNHEITEN UND BERUF**

MONIKA TEWORDT

1985

Aus dem Institut und der Poliklinik für Arbeitsmedizin der
Universität München

Vorstand: Prof. Dr. med. G. Fruhmann

DER BLEI-, CADMIUM- UND MANGANGEHALT
IN MENSCHLICHEN GEWEBEN IN ABHÄNGIGKEIT
VON ALTER, GESCHLECHT, LEBENSGEWÖHNHEITEN
UND BERUF

Dissertation
zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin
an der Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Monika Tewordt
aus
Urbana/Illinois/USA
1985

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

1. Berichterstatter: Priv.Doz. Dr. Dr. R. Kessel

2. Berichterstatter: Prof. Dr. G. Fruhmann

Dekan: Prof. Dr. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 09. Juli 1986

Inhaltsverzeichnis

	Seite
I. Einleitung	3
II. Material und Methoden	6
1. Beschreibung der Kollektive	6
2. Methoden	10
III. Ergebnisse	15
1. Der Schwermetallgehalt im Nieren- , Muskel- und Prostatagewebe sowie im Blut und Urin (Gesamtkollektiv)	15
1.1 Blei	15
1.2 Cadmium	20
1.3 Mangan	22
2. Schwermetallgehalt und Lebensalter	24
2.1 Blei	24
2.2 Cadmium	29
2.3 Mangan	34
3. Schwermetallgehalt und Geschlecht	39
3.1 Blei	39
3.2 Cadmium	42
3.3 Mangan	45

	Seite
4. Schwermetallgehalt und Rauchgewohnheiten	48
4.1 Blei	48
4.2 Cadmium	50
4.3 Mangan	52
5. Schwermetallgehalt und Lebensbereich (Stadt/Land)	54
5.1 Blei	54
5.2 Cadmium	58
5.3 Mangan	61
6. Nierenerkrankungen und Schwermetall- vorkommen	64
6.1 Blei	64
6.2 Cadmium	64
6.3 Mangan	64
7. Schwermetallgehalt und Berufsgruppen	67
7.1 Blei	67
7.2 Cadmium	71
7.3 Mangan	74
IV. Diskussion	76
V. Zusammenfassung	100
Literaturverzeichnis	104
Lebenslauf	116

I. Einleitung

Blei und Cadmium sind nicht-essentielle toxische Schwermetalle, deren Bedeutung für die Gesundheit der Bevölkerung vielfach untersucht worden ist.

Die Bleibelastung der Allgemeinbevölkerung erfolgt heutzutage hauptsächlich durch die im Benzin als Antiklopffmittel verwendeten organischen Bleiverbindungen, die Atmosphäre und Vegetation verunreinigen. Sie werden aufgenommen durch die Nahrung, durch Wasser und Luft; der Bleigehalt ist im Steigen begriffen (35). Die Bleiexposition ist besonders hoch in den dichtbevölkerten modernen Städten. Eine Bleiaufnahme findet auch durch Zigarettenrauchen statt, allerdings in kleinerem Umfange als die Cadmiumaufnahme. Mit Bleiverbindungen lassen sich im Tierexperiment maligne Tumoren im Nieren- und Prostatagewebe erzeugen (80, 82), aber auch beim Menschen sind bleiinduzierte karzinogene Effekte beschrieben worden (2).

Das Schwermetall Cadmium wird vor allem oral aufgenommen, wobei Schätzungen für die tägliche Aufnahme zwischen 10 und 85 µg/Tag liegen (20, 28); für die Bundesrepublik werden 31 µg/Tag angegeben (20). Für die Raucher spielt die inhalative Aufnahme des Cadmiums eine wesentliche Rolle. Bei ihnen ist der Cadmiumgehalt des gesamten Körpers, insbesondere aber die Cadmiumgewebekonzentration der Niere, des Urins, des Blutes und der Haare erhöht (8, 18, 19, 28, 36, 42). Eine

Cadmiumanreicherung im Körper mit Beeinträchtigung der Nierenfunktion und erhöhter Cadmiumausscheidung findet sich bei Bevölkerungsgruppen, die in Regionen mit erhöhtem Cadmiumgehalt der Luft leben, der z.B. durch Emissionen der Industrie entsteht (34, 41). Das im wesentlichen betroffene Organ bei chronischer langjähriger Cadmiumbelastung ist die Niere (22), wobei das erste Anzeichen der beginnenden Nierenfunktionsstörung eine Proteinurie ist, die auf einem tubulären Defekt beruht (31, 32, 41, 53).

Mangan ist ein in der Natur weitverbreitetes Schwermetall (z.B. Braunstein). Eine Manganexposition ist gegeben bei Arbeitern der Metallindustrie (in der Stahlindustrie, bei der Veredelung von Stahl und Eisen, sowie bei der Herstellung von Legierungen). Es besteht keine Korrelation zwischen Alter und Raucherhabitus auf der einen Seite und der Mangankonzentration im Blut auf der anderen Seite (25, 44). Mangan erreicht seine höchsten Werte in der Niere, der Leber und dem Pankreas (61); nach KIMIYAKI SUMINO (57) enthält der Muskel 30% des Gesamt-Mangangehaltes.

Die aus der Literatur bekannten Untersuchungen über den Schwermetallgehalt in menschlichen Organen, ebenso auch ein erst kürzlich publizierter Forschungsbericht der Bundesanstalt für Arbeitsschutz (KOLLMEIER et al., 1985), beziehen sich fast ausschließlich auf Autopsien. Eine Befragung und gezielte Erhebung der Berufs- und Umweltanamnese ist in solchen

Kollektiven retrospektiv kaum möglich.

Nur wenige Autoren berichten über den aus Biopsiematerial bestimmten Blei-, Cadmium- oder Mangangehalt einzelner Organe von Lebenden. Studien, in denen diese Schwermetalle sowohl in Organgeweben als auch in Blut und Urin gemessen und zudem mit anamnestischen Angaben zu Beruf und Umwelt korreliert wurden, sind aus der uns zugängigen Literatur nicht bekannt. Anhand eines nephrologisch-urologischen Krankengutes wollten wir jetzt prüfen, ob zwischen dem Schwermetallgehalt einzelner Organgewebe und anamnestischen Daten engere Beziehungen bestehen und ob es möglich ist, von den mit relativ wenig Aufwand bestimmbareren Blut- und Urinwerten auf die ansonsten nur bioptisch, intraoperativ oder autoptisch erhältlichen Gewebekonzentrationen zu schließen.

Ferner wollten wir klären, ob die bisher bekannten Zusammenhänge zwischen Alter, Geschlecht, beruflicher Tätigkeit, Lebensraum und organischen Erkrankungen und den Schwermetallkonzentrationen von Blei, Cadmium und Mangan im Organismus für ein randomisiertes Patientenkollektiv im Raum München bestätigt werden können.

II. Material und Methoden

1. Beschreibung der Kollektive

Das Untersuchungsmaterial umfaßt Gewebeproben von insgesamt 60 Personen, davon 48 Männer im Alter von 36 bis 83 Jahren und 12 Frauen im Alter von 33 bis 86 Jahren, bei denen im Zeitraum Juni 1982 bis März 1983 aus nephrologisch-urologischer Indikation eine Nephrektomie bzw. Prostataresektion vorgenommen werden mußte.

Kollektiv A

Das Kollektiv A enthält das Material der nephrektomierten Patienten, insgesamt 36 Personen, davon 12 Frauen und 24 Männer. Im Untersuchungsgut finden sich Gewebeproben von

16 Patienten mit malignen Nierentumoren (größtenteils Hypernephrome)

5 Patienten mit Hydronephrosen

4 Patienten mit Pyonephrosen

2 Patienten mit hydronephrotisch bedingten Schrumpfnieren

2 Patienten mit stummen Nieren (einmal Zustand nach abgelaufener Pyelonephritis und bedingt durch eine Beckenniere bei dem 2. Probanden)

6 Patienten mit Nephrolithiasis

1 Patient, dessen Niere auf Grund eines Blasencarcinoms exstirpiert wurde.

Die Aufgliederung des Kollektivs A nach klinisch gestellten Diagnosen zeigt Tabelle 1.

Tab.1: Aufgliederung des Kollektivs A

Gewebeproben	Männer (Anzahl)	Frauen (Anzahl)
Nierengewebe (Diagnose: maligner Nierentumor)	14	2
Nierengewebe (Diagnose: Hydronephrose)	2	2
Nierengewebe (Diagnose: Pyonephrose)	2	3
Nierengewebe (Diagnose: hydronephrotisch bedingte Schrumpfnieren)	1	1
Nierengewebe (Diagnose: stumme Nieren)	0	2
Nierengewebe (Diagnose: Nephrolithiasis)	4	2
Nierengewebe (Diagnose: Blasenkarzinom)	1	0
Muskelgewebe	21	12
Vollblutproben	24	12
Urinproben	24	12

Kollektiv B

Das Gewebematerial entstammt 24 prostataresezierten Männern, davon von 23 Patienten mit Prostataadenom und von einem mit Blasenkarzinom (Tabelle 2).

Von jedem Patienten wurden interoperativ je etwa 10 mg Nieren- bzw. Prostatagewebe und Muskelgewebe aus dem Musculus obliquus inferior und dem Musculus transversus abdominalis entnommen, in speziell gereinigten Polyäthylenbehältern aufbewahrt und unmittelbar nach der Probenentnahme bei -18°C eingefroren. In 10 Fällen war kein Muskelgewebe verfügbar. Die Analyse der Nierenpräparate erfolgte getrennt nach Rinden- und Markgewebe; von zwei Probanden lag nur Rindengewebe vor. Das Material entstammte weitgehend dem gesunden Gewebe.

Von 58 Patienten wurde ebenfalls während der Operation je 2 ml heparinisiertes Vollblut entnommen, von allen zusätzlich je 10 ml vom 24-Stunden-Sammelurin, und für die spätere Analyse in gereinigten Polyäthylenbechern eingefroren.

Von allen Patienten wurde eine Anamnese und Berufsanamnese erhoben unter besonderer Berücksichtigung der Rauch- und Trinkgewohnheiten, der Ernährungsweise (überwiegend vegetarisch oder eher reichhaltig an tierischem Eiweiss und Fisch) und des Lebensraums (Anzahl der auf dem Land bzw. in der Stadt verbrachten Jahre).

Tab.2: Aufgliederung des Kollektivs B

Gewebeproben	Patienten- Anzahl
Prostatagewebe (Diagnose: Prostataadenom)	23
Prostatagewebe (Diagnose: Blasenkarzinom)	1
Muskelgewebe	17
Vollblutproben	22
Urinproben	24

2. Methoden

Die Datenauswertung gliederten wir nach folgenden Gesichtspunkten: nach dem Lebensalter, dem Geschlecht, den Rauchgewohnheiten, dem Lebensraum (Stadt/Land), Nierenerkrankungen, dem Beruf und den Korrelationen der Blei-, Cadmium- und Mangan-Gewebekonzentrationen.

Lebensalter

Vom Gesamtkollektiv bildeten wir vier Altersgruppen: Patienten bis zum 50. Lebensjahr (insgesamt 11), 51-60-jährige (insgesamt 8), 61-70-jährige (insgesamt 20) und solche über 70 Jahre (insgesamt 21). Die Patienten des Kollektivs B sind hierbei mit berücksichtigt worden (Muskelgewebe-, Blut- und Urinproben). Die Altersverteilung hinsichtlich der Schwermetallkonzentrationen in der Prostata erschien nicht sinnvoll, da, abgesehen von drei Patienten, alle anderen älter als 60 Jahre waren.

Rauchgewohnheiten

Bezüglich der Rauchgewohnheiten unterteilten wir das Gesamtkollektiv in folgende drei Gruppen:

- 1) 17 nichtrauchende Personen im Alter von 35-86 Jahren,
- 2) 16 ehemalige Raucher im Alter von 33-83 Jahren,
- 3) 27 Raucher mit durchschnittlich 2 bis 20 Zigaretten pro Tag im Alter von 36-78 Jahren.

Lebensraum (Stadt/Land)

Unsere Zuordnung zu Stadt- bzw. Landbewohnern hing davon ab, wo die Patienten überwiegend bzw. zuletzt längere Zeit

gelebt hatten. Zudem verglichen wir die Schwermetallkonzentrationen in Blut und Urin der Stadt- und Landbewohner in Abhängigkeit vom Lebensalter. Für die Blei-, Cadmium- und Mangan-Gewebekonzentrationen in Nierenrinde und Nierenmark, Muskel und Prostata war eine solche Gegenüberstellung nicht sinnvoll, da in den einzelnen Altersklassen die Gruppen zahlenmäßig zu klein wurden.

Nierenerkrankungen

Das Kollektiv A teilten wir in zwei weitere Gruppen ein: die Patienten mit Nephrektomie wegen einem malignen Nierentumor (Hypernephrom, Nierenkarzinom), und jene, die wegen anderer Nierenerkrankungen (z.B. Pyelonephritis, Nephrolithiasis) operiert werden mußten.

Beruf

Zur Beurteilung einer beruflich bedingten Schwermetallbelastung bildeten wir folgende 6 Gruppen:

Die Gruppe 1 schließt 31 Patienten ein, die beruflich nicht exponiert waren; dazu zählen Hausfrauen, Verkäufer und Büroangestellte.

In der Gruppe 2 sind vier Patienten, deren berufliche Tätigkeit zum größten Teil durch Kraftfahrzeugfahren bestimmt war (Handelsreisende, LKW-Fahrer).

Die Gruppe 3 wird gebildet von drei Bauarbeitern (Straßenbau, Hoch- und Tiefbau).

Die Gruppe 4 setzt sich zusammen aus Mechanikern, Technikern und Schlossern, insgesamt 11 Personen; in unserem Kollektiv

waren das Patienten, die hauptsächlich mit Metallverarbeitung (die Techniker eingeschlossen) beschäftigt waren. Hier sind aufzuzählen die Dreher (Metallverarbeitung in einer Autowerkstatt, Metallverarbeitung bei der Firma Bosch als Versuchsmechaniker), Mechaniker (Metallverarbeitung in einer Nähmaschinenfabrik, Auto- und Eisenbahnmechaniker), mehrere Maschinenschlosser und Schlosser in Fabriken (Kettenfabrik, Autofabrik, d.h. Herstellung der Autokarosserie und des Motors).

In der Gruppe 5 sind vier Fabrikarbeiter, die in Fabriken für Mehlabfüllung, Fleischwarenverpackung, Zeltplanenherstellung und Telephonhörerherstellung arbeiteten und somit nicht schwermetall exponiert waren.

Die Berufsgruppe 6 schließt die Handwerker ein, das sind 7 Personen, die als Anstreicher (Fassaden-, Möbel-, Fenster- und Türenanstrich), Zimmerleute, Schreiner, Schuhmacher, Ofensetzer und Tapezierer gearbeitet haben.

Auch die Patienten, die zum Zeitpunkt der Anamnese bereits Rentner waren, sind, je nach ihrem ehemaligen Beruf, einer der sechs Berufsgruppen zugeteilt worden.

Statistik

Je nach Anwendbarkeit wurde für die statistischen Absicherungen der t-Test nach STUDENT oder der Vorzeichen-Rang-Test nach WILCOXON durchgeführt.

Aufschluß der Proben und analytische Methodik

Die gefrorenen Gewebeproben wurden aufgetaut und nach dem Temperatúrausgleich direkt in die Teflongefäße der Aufschlußapparatur eingewogen (Gewebegewicht zwischen 0,1 und 0,5 g). Nach Zugabe von 0,6 ml 65% Salpetersäure (Suprapur) und Abdichten der Teflongefäße erfolgte unter Druck bei etwa 110 °C (Druckaufschlußbombe) der Aufschluß. Die Salpetersäure wurde anschließend verdampft und der zurückbleibende anorganische Anteil der Probe mit der jeweils erforderlichen Analyselösung für Blei, Cadmium und Mangan versetzt. Zur Bestimmung der Schwermetallkonzentration diente die flammenlose Atomabsorptionsspektrometrie.

Bleibestimmung im Vollblut

Die heparinisierten Vollblutproben (je 100 µl) wurden mit je 900 µl 0,1%-iger Triton-X-100-Lösung verdünnt und mit der Additionsmethode bei 283,31 nm unter Verwendung einer Deuteriumkompensationslampe quantitativ bestimmt.

Bleibestimmung im biologischen Material

Die bis zur Trockene eingedampften Gewebeproben wurden mit je 1 ml H₂O aufgenommen (der pH wurde auf 2,5 mit 20%-iger Trichloressigsäure eingestellt). Das Blei in den Proben wurde anschließend mit 10%-iger wässriger Lösung aus Ammonium-Pyrrolidin-Dithiocarbonat und Di-Methyldiisopropylketon extrahiert. Die quantitative Auswertung erfolgte

nach der oben beschriebenen Methode gegen Eichkurve.

Cadmiumbestimmung im Vollblut

Die heparinisierten Vollblutproben (je 1000 µl) wurden mit je 100 ml 5%-iger Triton-X-100-Lösung versetzt und im Verhältnis 25 Teile Vollblutlösung/75 Teile Eichlösung weiterverdünnt und mit der Additionsmethode bei 228,8 nm gegenüber Deuteriumkompensation bestimmt.

Cadmiumbestimmung im biologischen Material

Die eingedampften Aufschlüsse der Gewebeproben wurden mit Essigsäure angesäuert, mit Hexamethylen-Ammonium-Dithiocarbonat komplexiert und mit dem Lösungsgemisch Diisopropylketon/Xylol im Verhältnis 70/30 extrahiert. Nach der Extraktion wurde die Cadmiumbestimmung mit der Additionsmethode durchgeführt.

Manganbestimmung im biologischen Material

Die Gewebeproben wurden mit je 1 ml verdünnter Salpetersäure (1 N HNO_3 und Aqua dest. im Verhältnis 1:1) aufgenommen und bei der Wellenlänge 279,48 nm mit der Additionsmethode bestimmt.

III. Ergebnisse

1. Schwermetallgehalt im Nieren-, Muskel- und Prostatagewebe sowie im Blut und Urin

1.1 Blei

Abb.1 zeigt eine Übersicht über die Konzentrationen von Blei im Nierenrinden-, Nierenmark-, Muskel- und Prostatagewebe sowie im Blut und Urin. Die höchsten Werte waren in der Niere festzustellen, wobei in der Nierenrinde der Median mit 266,5 ng Blei/g Gewebe deutlich über demjenigen des Nierenmarks mit 135,5 ng Blei/g Gewebe liegt. Im Muskel (Median = 50,0 ng Blei/g Gewebe) und in der Prostata (Median = 43,0 ng Blei/g Gewebe) sind die Konzentrationen geringer. Der Medianwert von Blei im Vollblut beträgt 195,5 µg Blei/l, im Urin 3,7 µg/l. Ein linearer Zusammenhang (Korrelationskoeffizient $R = + 0,6$) ist zu beobachten zwischen der Bleikonzentration im Blut und der Bleikonzentration im Muskel bei Patienten mit einer Erkrankung der Prostata (s. Abb.1b). Die Korrelationskoeffizienten für die Beziehungen zwischen den Bleikonzentrationen in den anderen Geweben sind sehr klein; sie sind dargestellt in der Tabelle 3. Die Abb. 1a zeigt, daß keine Korrelation besteht zwischen dem Bleigehalt im Blut und demjenigen in der Nierenrinde.

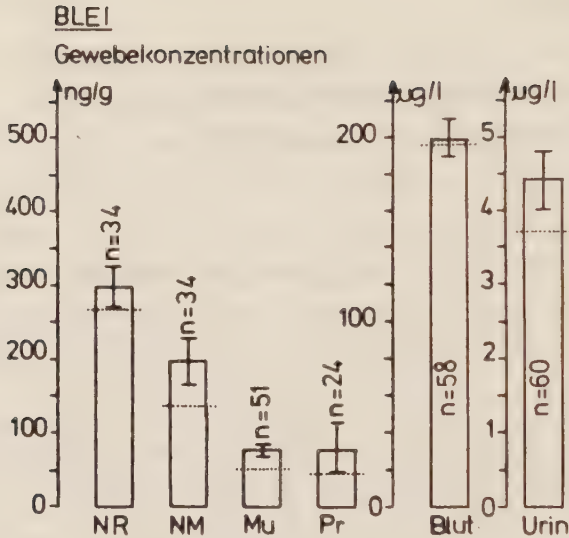


Abb.1: Der Bleigehalt im Nierenrinden-, Nierenmark-, Muskel- und Prostatagewebe (in ng/g), im Blut und Urin (in µg/l). Bezeichnungen: NR = Nierenrinde; NM = Nierenmark; Mu = Muskel; Pr = Prostata; n = Anzahl der Gewebeprobe; $\overline{}$ = Mittelwert; = Median; $\left| \right|$ = mittlerer Fehler des Mittelwertes.

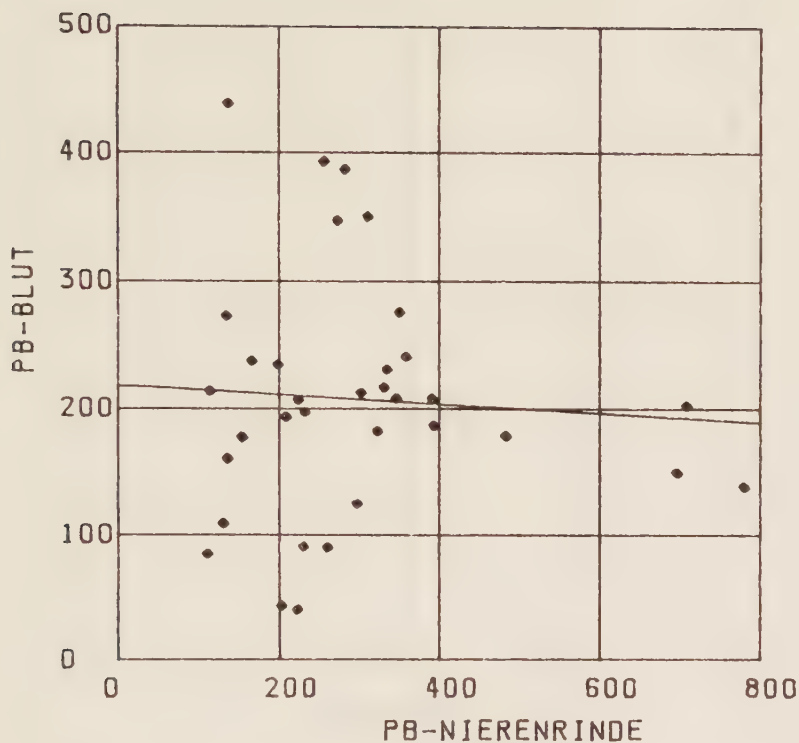


Abb.1a: Die Korrelation zwischen Bleigehalt im Blut und Bleigehalt im Nierenrindengewebe (Kollektiv A).
Korrelationskoeffizient $R = -0,06$;
Regressionsgleichung $y = 217,84 + (-0,4) \cdot x$; Pb = Blei.

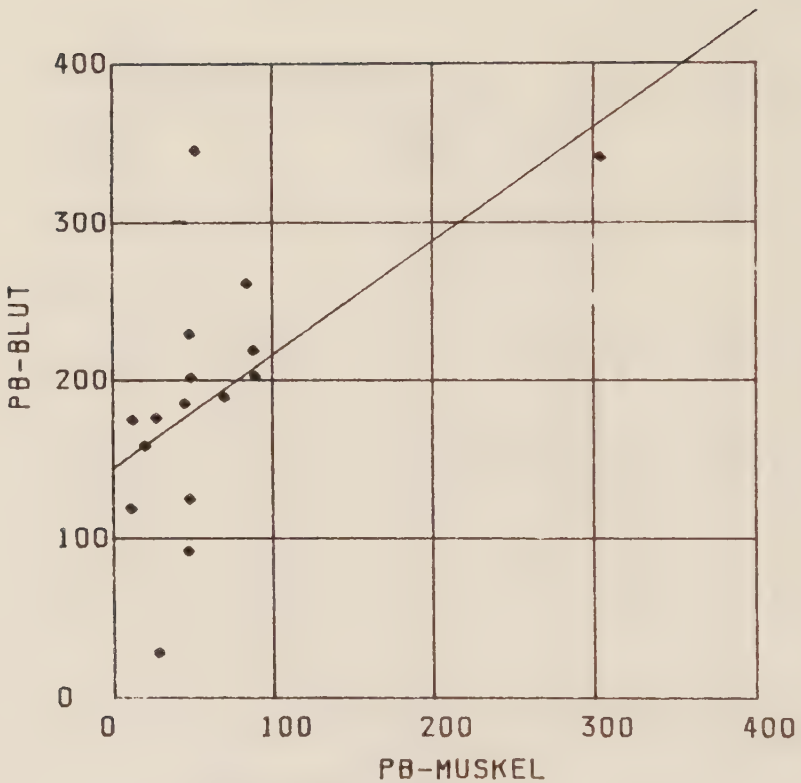


Abb.1b. Die Korrelation zwischen Bleigehalt im Blut
und Bleigehalt im Muskelgewebe bei Patienten
mit Erkrankungen der Prostata (Kollektiv B).
Korrelationskoeffizient $R = 0,6$;
Regressionsgleichung $y = 144,26 + 0,72 \cdot x$; Pb = Blei.

Tab.3: Die Korrelationen zwischen den Blei-Gewebe-
konzentrationen.

R = Korrelationskoeffizient;

y = Regressionsgleichung;

Pb = Blei

Korrelationen zwischen:	R	y
Pb-Blut/Pb-Muskel (bei nierenkranken . Patienten)	- 0,04	$y = 203,2 + (-0,06) \cdot x$
Pb-Blut/Pb-Muskel (Gesamtkollektiv)	0,14	$y = 183,43 + 0,17 \cdot x$
Pb-Blut/Pb-Nierenmark	0,04	$y = 200,06 + 0,02 \cdot x$
Pb-Urin/Pb-Nierenrinde	0,19	$y = 3,64 + 3,6 \cdot 10^{-3} \cdot x$

1.2 Cadmium

In Abb.2 sind die Cadmiumgewebekonzentrationen (im Nierenrinden-, Nierenmark-, Muskel- und Prostatagewebe sowie im Blut und Urin) des Gesamtkollektivs (60 Patienten) dargestellt. Auch hier waren in der Niere die höchsten Cadmiumkonzentrationen festzustellen mit einem Medianwert von 15×10^3 ng Cadmium/g Nierenrinde und von $3,0 \times 10^3$ ng Cadmium/g Nierenmark. Niedrige Werte fanden wir im Muskel (Median = 58,0 ng Cd/g Gewebe) und in der Prostata (Median = 90,0 ng Cd/g Gewebe). Für Vollblut und Urin ermittelten wir folgende Medianwerte: 1,1 μ g Cd/l Blut und 0,6 μ g Cd/l Urin. Engere Korrelationen zwischen den einzelnen Cadmiumgewebekonzentrationen waren nicht nachweisbar (s. Tab.4).

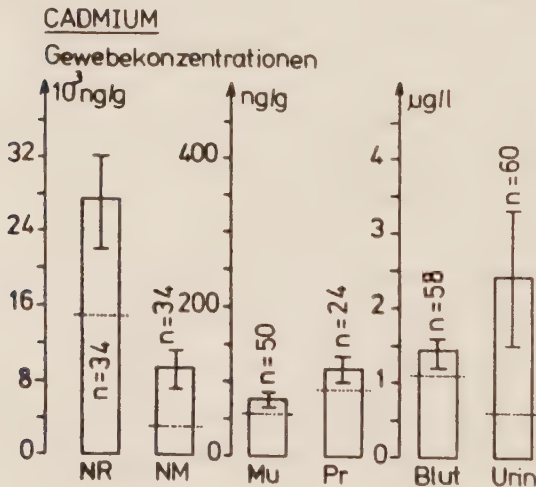


Abb.2: Der Cadmiumgehalt im Nierenrinden- und Nierenmark- (in 10^3 ng/g), Muskel- und Prostatagewebe (in ng/g), im Blut und Urin (in μ g/l). Bezeichnungen wie in Abb.1.

Tab.4: Die Korrelationen zwischen den Cadmium-Gewebekonzentrationen.

Bezeichnungen wie in Tab.3. Cd = Cadmium.

Korrelationen zwischen:	R	y
Cd-Blut/Cd-Muskel (bei Patienten mit Prostataerkrankungen)	0,29	$y = 0,73 + 5 \cdot 10^{-3} \cdot x$
Cd-Blut/Cd-Muskel (bei nierenkranken Patienten)	-0,05	$y = 1,61 + (-1,1 \cdot 10^{-3}) \cdot x$
Cd-Blut/Cd-Muskel (Gesamtkollektiv)	0,02	$y = 1,38 + 3,1 \cdot 10^{-4} \cdot x$
Cd-Blut/Cd-Nierenrinde	0,28	$y = 1,3 + 0,01 \cdot x$
Cd-Blut/Cd-Nierenmark	0,07	$y = 1,53 + 9,2 \cdot 10^{-3} \cdot x$
Cd-Urin/Cd-Nierenrinde	-0,07	$y = 2,92 + (-0,02) \cdot x$

1.3 Mangan

Die Abb.3 zeigt den Mangangehalt der untersuchten Gewebe (Nierenrinde und Nierenmark, Muskel, Prostata, Blut und Urin). Die Mangankonzentration ist wiederum am höchsten im Nierengewebe (in der Nierenrinde im Median 1002 ng Mn/g Gewebe, im Nierenmark im Median 465 ng Mn/g Gewebe). Im Vollblut fand sich ein Mangangehalt von 10,2 µg Mn/l (Median), und im Urin von 0,3 µg Mn/l (Median). Eine positive Korrelation ($R = + 0,4$) läßt sich feststellen für den Mangangehalt im Blut und im Muskel bei nierenkranken Patienten. In den anderen Geweben bestehen keine engeren Korrelationen zwischen den einzelnen Mangankonzentrationen (s. Tab. 5).

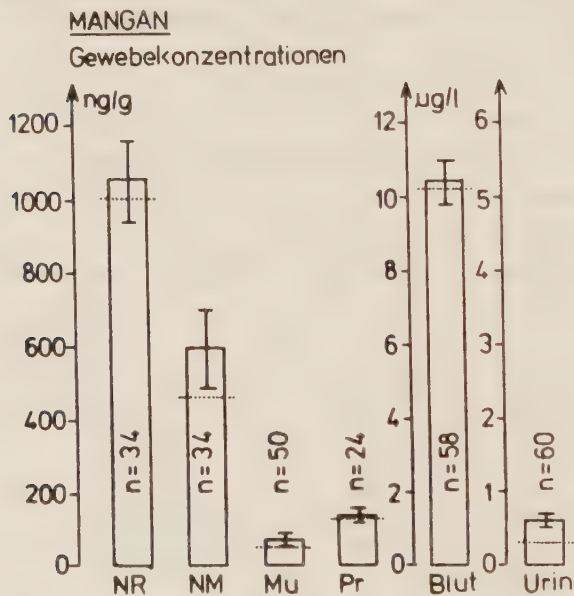


Abb.3: Der Mangangehalt im Nierenrinden- und Nierenmark-, Muskel- und Prostatagewebe (in ng/g), im Blut und Urin (in µg/l).
Bezeichnungen wie in Abb.1.

Tab.5: Die Korrelationen zwischen den Mangan-Gewebekonzentrationen.

Bezeichnungen wie in Tab.3. Mn = Mangan

Korrelationen zwischen:	R	y
Mn-Blut/Mn-Muskel (bei Patienten mit Prostrataerkrankungen)	- 0,26	$y = 11,36 + (-0,03) \cdot x$
Mn-Blut/Mn-Muskel (bei nierenkranken Patienten)	0,4	$y = 7,17 + 0,05 \cdot x$
Mn-Blut/Mn-Muskel (Gesamtkollektiv)	0,25	$y = 8,03 + 0,03 \cdot x$
Mn-Blut/Mn-Nierenrinde	-0,03	$y = 11,01 + (-2,2 \cdot 10^{-4}) \cdot x$
Mn-Blut/Mn-Nierenmark	0,06	$y = 10,49 + (4,7 \cdot 10^{-4}) \cdot x$
Mn-Urin/Mn-Nierenrinde	0,17	$y = 0,32 + (2,5 \cdot 10^{-4}) \cdot x$

2. Schwermetallgehalt und Lebensalter

2.1 Blei

Die 51-60-jährigen Patienten zeigen in der Nierenrinde den höchsten Bleigehalt ($\bar{x} = 368,3 \pm 171,9$ ng Blei/g) (Abb.4). Im Vergleich zu den anderen Altersgruppen besteht jedoch kein signifikanter Unterschied.

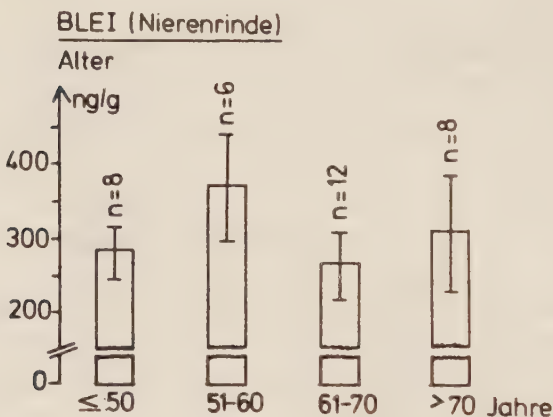


Abb.4: Der Bleigehalt im Nierenrindengewebe (in ng/g) in Abhängigkeit vom Lebensalter (in Abschnitten zwischen 0 bis 50, 51 bis 60, 61 bis 70, und über 70 Jahren). Bezeichnungen: n = Anzahl der Gewebeprobe; $\square$ = Mittelwert; I = mittlerer Fehler des Mittelwertes.

Die Werte im Nierenmark sind in allen Altersgruppen nahezu gleich (siehe Abb.5).

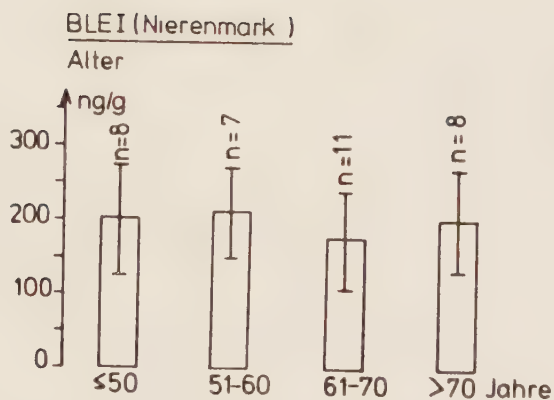


Abb.5: Der Bleigehalt im Nierenmarkgewebe (in ng/g) in Abhängigkeit vom Lebensalter. Bezeichnungen siehe Abb.4

Auch im Muskelgewebe ($\bar{x} = 142,3 \pm 126,6$ ng/g) und im Vollblut ($\bar{x} = 243,3 \pm 110,6$ µg/l) ist die Bleikonzentration in der Altersgruppe der 51-60-jährigen Personen wiederum am höchsten (Ergebnisse s. Abb. 6 und 7).

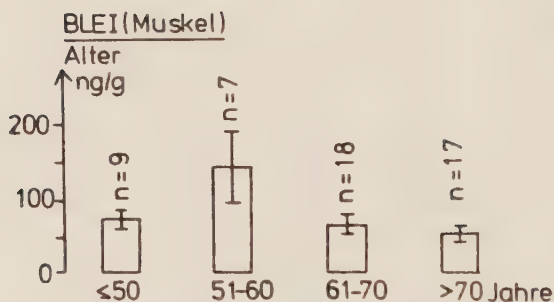


Abb.6: Der Bleigehalt im Muskelgewebe (in ng/g) in Abhängigkeit vom Lebensalter. Bezeichnungen siehe Abb.4.

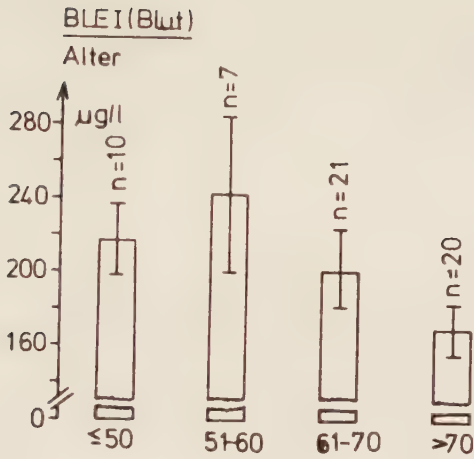


Abb.7: Der Bleigehalt im Blut (in $\mu\text{g/l}$) in Abhängigkeit vom Lebensalter.
Bezeichnungen siehe Abb.4.

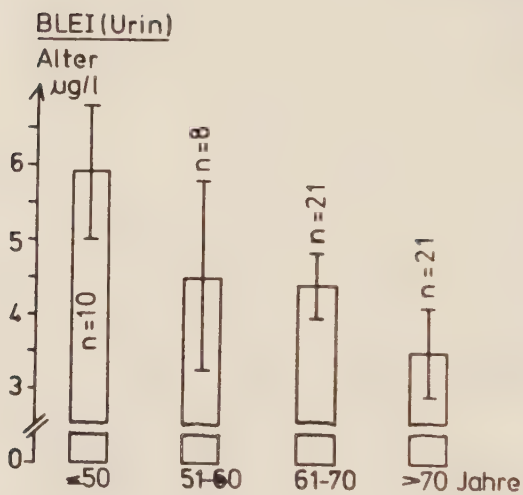


Abb.8: Der Bleigehalt im Urin (in µg/l) in
Abhängigkeit vom Lebensalter.
Bezeichnungen siehe Abb.4.

Die Bleikonzentration im Urin nimmt im höheren Lebensalter in unserem Kollektiv signifikant von $5,9 \pm 3,0$ µg/l auf $3,5 \pm 2,9$ µg/l ab ($p \leq 0,05$) (s. Abb.8).

2.2 Cadmium

Die Cadmiumkonzentration in den Nierenrinden in Abhängigkeit vom Alter ist in Abb.9 dargestellt. Sie ist bei den 51-60-jährigen mit $(37,7 \pm 40,0) \times 10^3$ ng/g am höchsten, bei den bis 50-jährigen am niedrigsten ($\bar{x} = (16,3 \pm 8,9) \times 10^3$ ng/g).

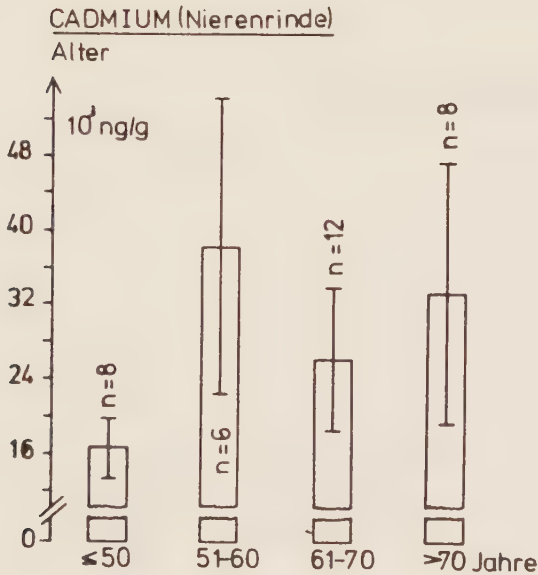


Abb.9: Der Cadmiumgehalt im Nierenrindengewebe
(in 10^3 ng/g) in Abhängigkeit vom Lebensalter.
Bezeichnungen siehe Abb.4.

Im Nierenmark steigt der Cadmiumgehalt bis zum Alter von 61-70 Jahren auf $(14,2 \pm 16,4) \times 10^3$ ng/g an, fällt dann jedoch signifikant ($p \leq 0,05$) auf $(1,9 \pm 0,8) \times 10^3$ ng/g ab (siehe Abb. 10).

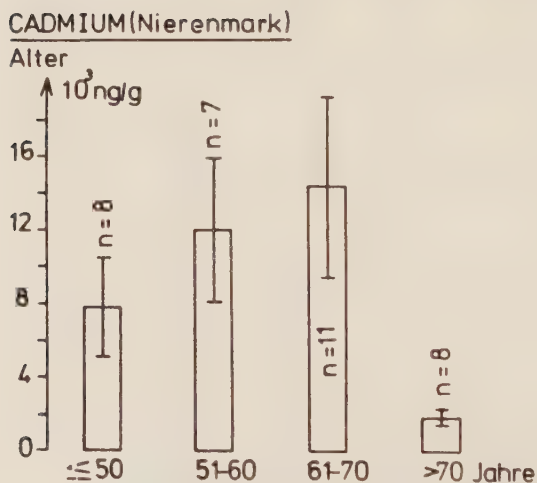


Abb.10: Der Cadmiumgehalt im Nierenmarkgewebe (in 10^3 ng/g) in Abhängigkeit vom Lebensalter. Bezeichnungen siehe Abb.4.

Die Cadmiumkonzentration im Muskelgewebe steigt mit zunehmendem Lebensalter tendenziell an (kein signifikanter Unterschied) (Abb.11).

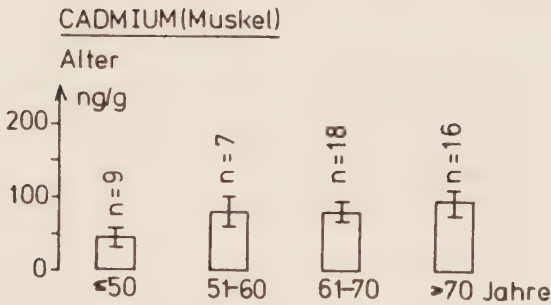


Abb.11: Der Cadmiumgehalt im Muskelgewebe (in ng/g) in Abhängigkeit vom Lebensalter. Bezeichnungen siehe Abb.4.

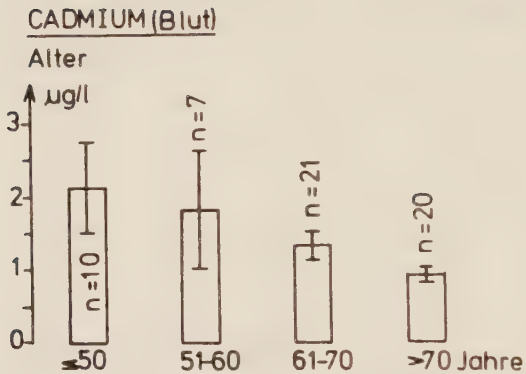


Abb.12: Der Cadmiumgehalt im Blut (in µg/l) in
Abhängigkeit vom Lebensalter.
Bezeichnungen siehe Abb.4.

Im Blut ist die Cadmiumkonzentration bis zum Alter von 50 Jahren am höchsten ($\bar{x} = 2,1 \pm 1,9$ µg/l) und zeigt mit zunehmendem Lebensalter eine tendenzielle Abnahme (Abb.12).

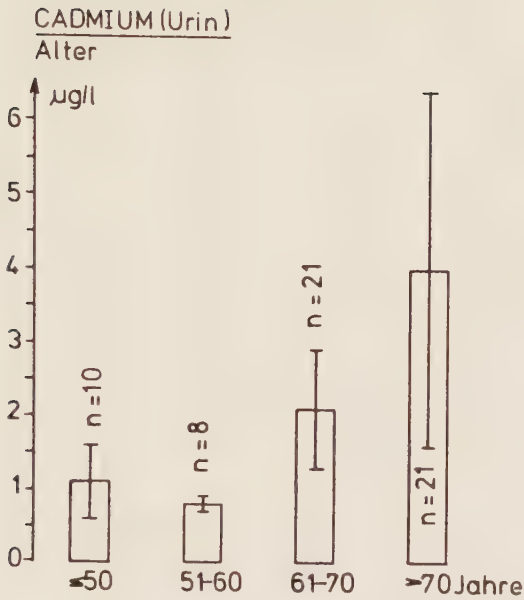


Abb.13: Der Cadmiumgehalt im Urin (in µg/l) in

Abhängigkeit vom Lebensalter.

Bezeichnungen siehe Abb.4.

Die Cadmiumkonzentration im Urin steigt mit höherem Alter auf maximal 4 µg/l bei den über 70-jährigen an (siehe Abb.13).

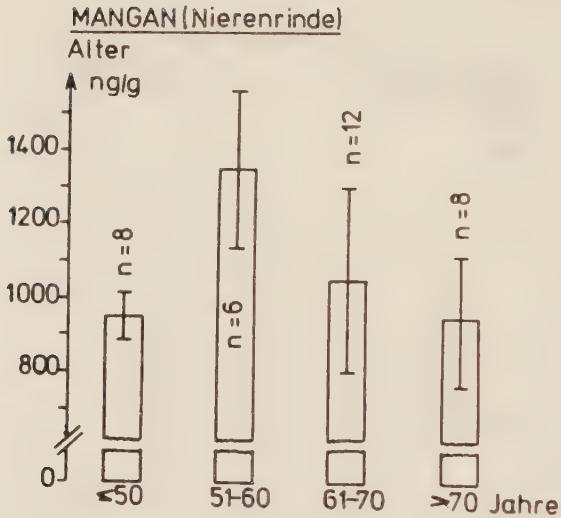


Abb.14: Der Mangengehalt im Nierenrindengewebe
(in ng/g) in Abhängigkeit vom Lebensalter.
Bezeichnungen siehe Abb.4.

2.3 Mangan

Eine Übersicht über die Mangankonzentration im Nierengewebe in Abhängigkeit vom Lebensalter zeigt die Abb.14. Die maximalen Gewebekonzentrationen werden erreicht in der Altersgruppe der 51-60-jährigen Patienten ($\bar{x} = 1347,2 \pm 528,2$ ng/g): im höheren Lebensalter nimmt sie wieder ab.

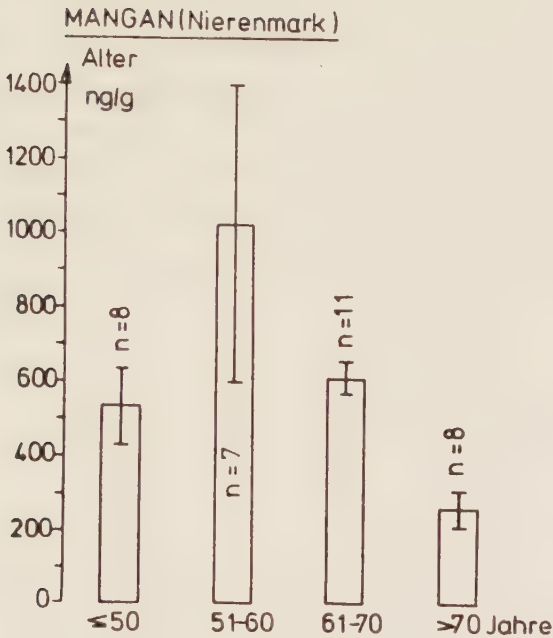


Abb.15: Der Mangangehalt im Nierenmarkgewebe
(in ng/g) in Abhängigkeit vom Lebensalter.
Bezeichnungen siehe Abb.4.

Die Altersverteilung der Mangankonzentrationen im Nierenmarkgewebe ist in Abb.15 dargestellt. Die maximale Gewebekonzentration tritt in der Altersklasse der 51-60-jährigen Patienten auf ($\bar{x} = 1017,3 \pm 1092,6$ ng/g).

Auch im Muskelgewebe ist die mittlere Mangankonzentration ($\bar{x} = 110,1 \pm 60,3 \text{ ng/g}$) in der Altersgruppe der 51-60-jährigen Patienten am höchsten (siehe Abb.16). Einen statistisch signifikanten Unterschied stellten wir fest zwischen der Mangangewebekonzentration in der Gruppe der 51-60-jährigen und derjenigen der Gruppe der 61-70-jährigen Patienten ($p \leq 0,05$) sowie zwischen der Mangangewebekonzentration in der Gruppe der 51-60-jährigen und derjenigen in der Gruppe der über 70-jährigen Personen ($p \leq 0,05$).

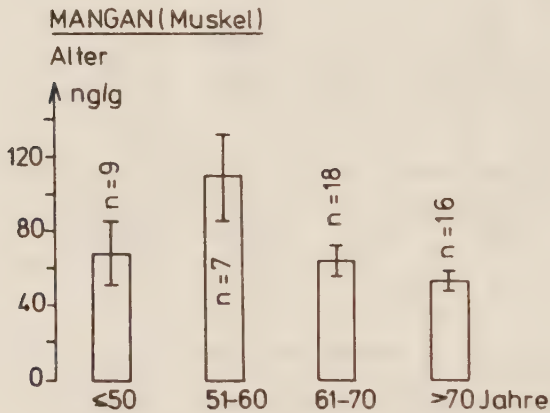


Abb.16: Der Mangangehalt im Muskelgewebe (in ng/g) in Abhängigkeit vom Lebensalter. Bezeichnungen siehe Abb.4.

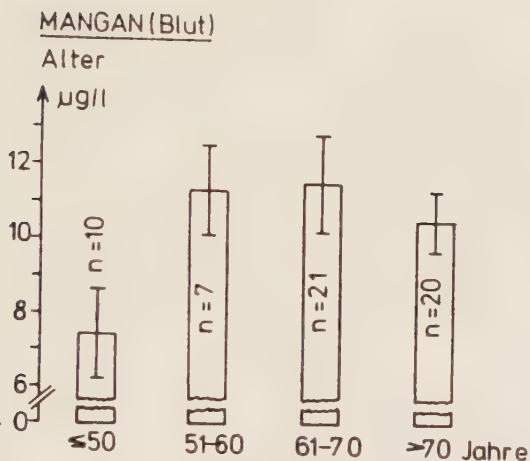


Abb.17: Der Mangangehalt im Blut (in $\mu\text{g/l}$) in

Abhängigkeit vom Lebensalter.

Bezeichnungen siehe Abb.4.

Die mittlere Mangankonzentration im Vollblut liegt für Patienten bis zum 50. Lebensjahr mit $7,4 \pm 3,9 \mu\text{g/l}$ am niedrigsten und steigt bei Patienten, die älter sind, deutlich an (siehe Abb.17), wobei die Blutbleikonzentration bei den 51-60-jährigen Patienten ($\bar{x} = 11,3 \pm 3,2 \mu\text{g/l}$) signifikant höher ist als bei den Patienten bis zum 50. Lebensjahr.

Geringere Schwankungen zeigt die Altersverteilung der Mangankonzentration im Urin, wie in der Abb.18 zu sehen ist.

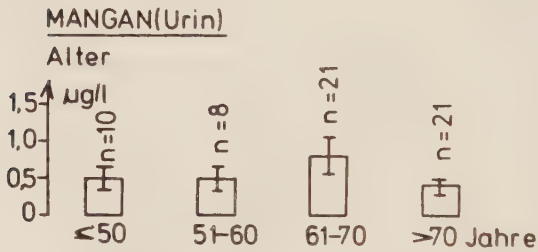


Abb.18: Der Mangangehalt im Urin (in $\mu\text{g/l}$) in Abhängigkeit vom Lebensalter.
Bezeichnungen siehe Abb.4.

3. Schwermetallgehalt und Geschlecht

3.1 Blei

Die Bleigewebekonzentrationen sind beim männlichen Geschlecht höher als beim weiblichen (siehe Abb.19). Für die Werte in der Nierenrinde (Männer: $339,8 \pm 176,3$ ng/g; Frauen: $205,7 \pm 83,4$ ng/g) ist dieser Unterschied statistisch signifikant ($p \leq 0,01$).

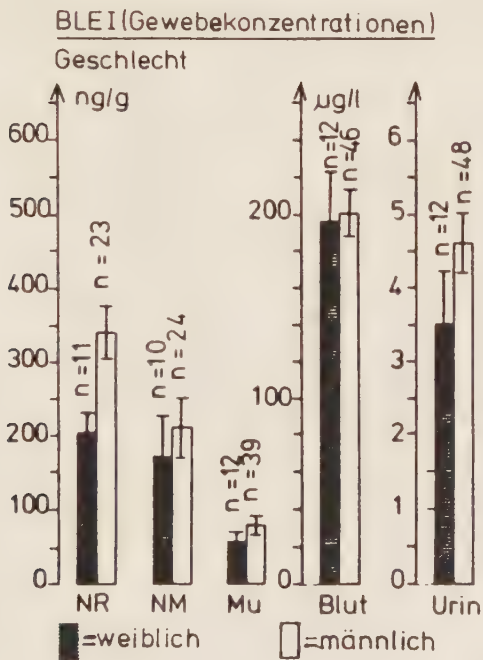


Abb.19: Der Bleigehalt im Nierenrinden-, Nierenmark- und Muskelgewebe (in ng/g), im Blut und Urin (in µg/l), in Abhängigkeit vom Geschlecht. Bezeichnungen: n = Anzahl der Gewebeprobe; NR = Nierenrinde; NM = Nierenmark.

Mit zunehmendem Alter (Abb.20) kommen die Unterschiede stärker zum Ausdruck, mit den höchsten Werten bei den über 70-jährigen Männern ($\bar{x} = 436,3 \pm 239,9$ ng/g) und den niedrigsten bei den über 70-jährigen Frauen ($\bar{x} = 182,0 \pm 80,2$ ng/g).

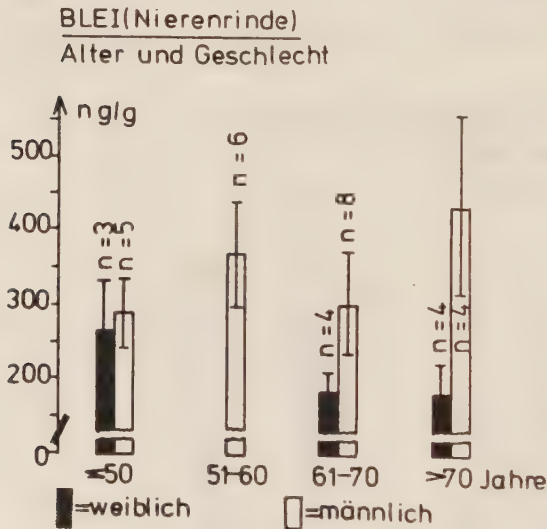


Abb.20: Der Bleigehalt im Nierenrindengewebe (in ng/g) in Abhängigkeit vom Lebensalter und vom Geschlecht. Bezeichnungen siehe Abb.4 und Abb.19. Anmerkung: für dieses Kollektiv gab es in der Altersgruppe von 51 bis 60 Jahren keine weiblichen Patienten.

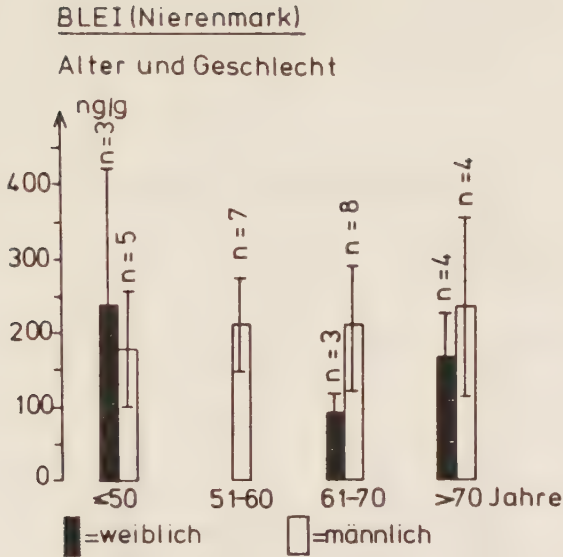


Abb.21: Der Bleigehalt im Nierenmarkgewebe (in ng/g)
in Abhängigkeit vom Lebensalter und vom Geschlecht.
Bezeichnungen siehe Abb.4 und Abb.19.
Siehe Anmerkung zu Abb.20.

3.2 Cadmium

Die Cadmiumkonzentration in der Nierenrinde der Männer ($\bar{x} = (32,3 \pm 34,1) \times 10^3 \text{ ng/g}$) ist nahezu doppelt so hoch wie die der Frauen ($\bar{x} = (17,0 \pm 13,1) \times 10^3 \text{ ng/g}$) (Abb.22). Für die anderen Gewebe bestehen keine wesentlichen Unterschiede.

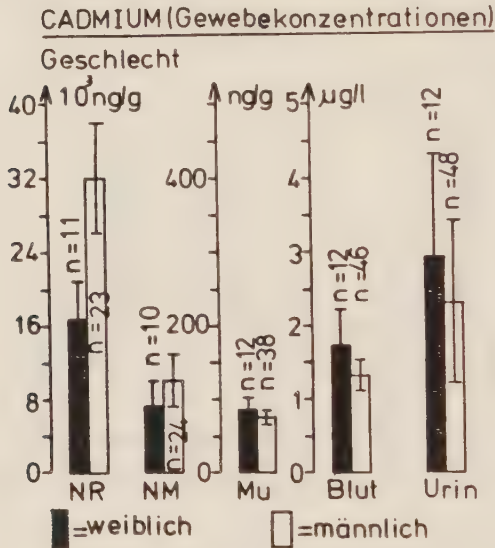


Abb.22: Der Cadmiumgehalt im Nierenrinden-, Nierenmark- (in 10^3 ng/g), und Muskelgewebe (in ng/g), im Blut und Urin (in $\mu\text{g/l}$), in Abhängigkeit vom Geschlecht. Bezeichnungen siehe Abb.19.



Abb.23: Der Cadmiumgehalt im Nierenrindengewebe (in 10^3 ng/g) in Abhängigkeit vom Lebensalter und vom Geschlecht. Bezeichnungen siehe Abb.4 und 19. Siehe Anmerkung zu Abb.20.

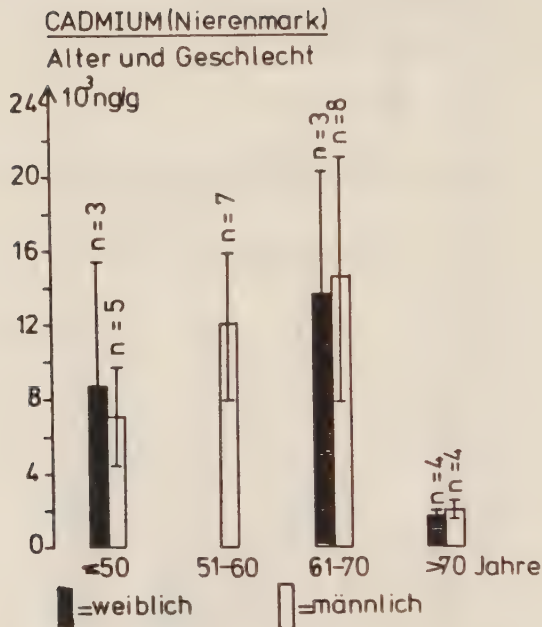


Abb.24: Der Cadmiumgehalt im Nierenmarkgewebe (in 10^3 ng/g) in Abhängigkeit vom Lebensalter und vom Geschlecht. Bezeichnungen siehe Abb.4 und Abb.19. Siehe Anmerkung zu Abb.20.

Beim Nierenmark ist der Unterschied zwischen der Cadmiumkonzentration in den Geweben beider Geschlechter dagegen in allen Altersklassen nur geringfügig ausgeprägt und fällt sowohl bei Männern als auch Frauen ab dem 70-ten Lebensjahr deutlich ab (siehe Abb.24).

3.3 Mangan

Der Mangangehalt in der Nierenrinde ist in der Gruppe der Männer wiederum höher ($\bar{x} = 1207,9 \pm 675,7$ ng/g) als bei den Frauen ($\bar{x} = 721,1 \pm 415,1$ ng/g) ($\rho \leq 0,05$), ebenso jedoch auch im Nierenmark (Frauen: $\bar{x} = 429,1 \pm 258,9$ ng/g; Männer: $\bar{x} = 662,6 \pm 702,7$ ng/g). (Abb.25).

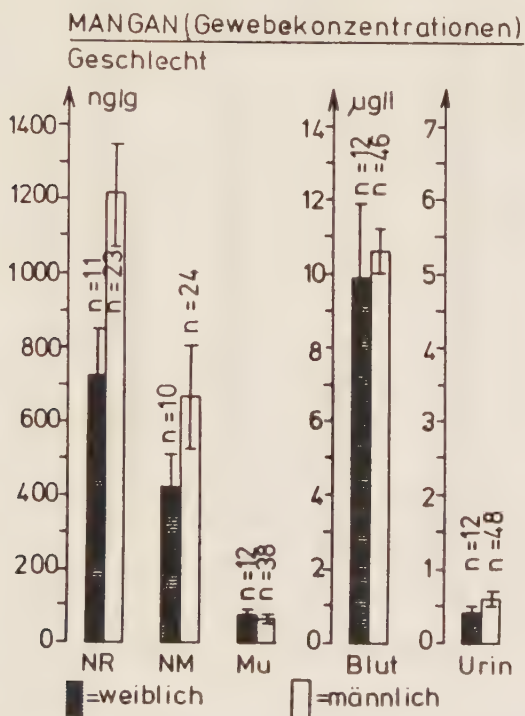


Abb.25: Der Mangangehalt im Nierenrinden-, Nierenmark- und Muskelgewebe (in ng/g), im Blut und Urin (in µg/l), in Abhängigkeit vom Geschlecht. Bezeichnungen siehe Abb.19.

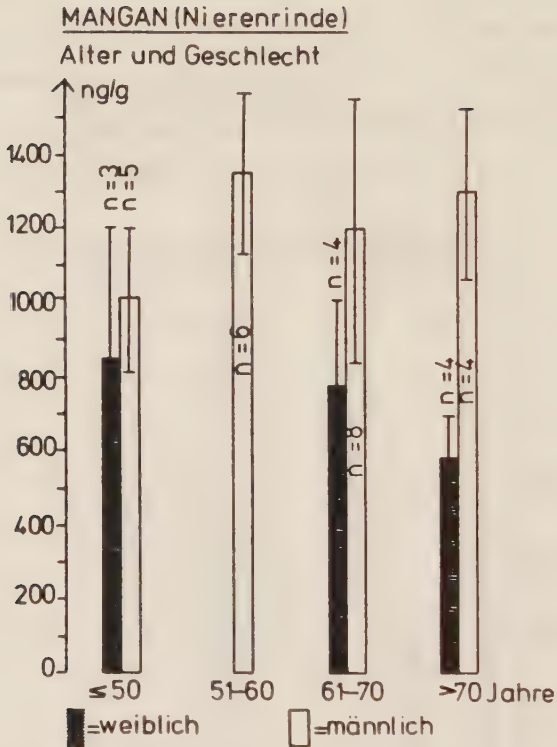


Abb.26: Der Mangangehalt im Nierenrindengewebe (in ng/g) in Abhängigkeit vom Lebensalter und vom Geschlecht. Bezeichnungen siehe Abb.4 und Abb.19. Siehe Anmerkung zu Abb.20.

In der Nierenrinde ist der Mangangehalt im Gewebe männlicher Patienten in allen Altersklassen deutlich erhöht gegenüber demjenigen weiblicher Patienten (siehe Abb. 26), wobei in der Gruppe der Frauen eine tendenzielle Abnahme mit zunehmendem Alter auffällt.

Hinsichtlich des Mangan-Gehaltes im Nierenmark finden sich geringere Unterschiede zwischen den Geschlechtern als im Nierenrindengewebe (siehe Abb.27), ebenfalls im Muskel und im Urin.

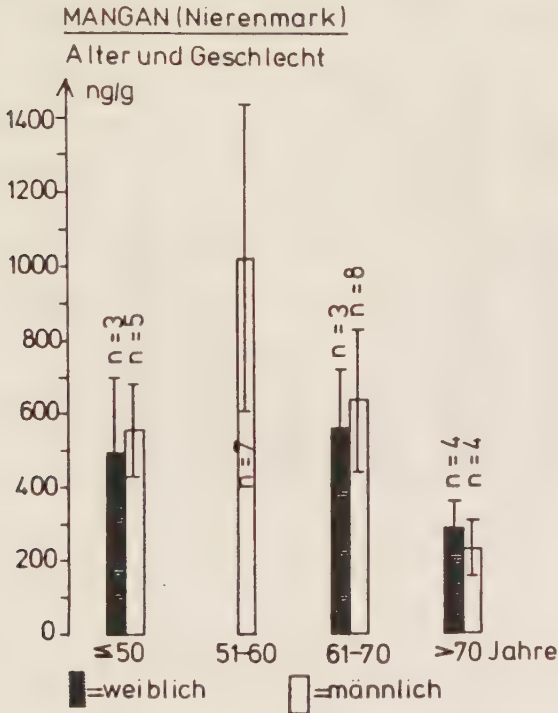


Abb.27: Der Mangangehalt im Nierenmarkgewebe (in ng/g) in Abhängigkeit vom Lebensalter und vom Geschlecht. Bezeichnungen siehe Abb.4 und Abb.19. Siehe Anmerkung zu Abb.20.

4. Schwermetallgehalt und Rauchgewohnheiten

4.1 Blei

Eine Übersicht über die Verteilung der Bleikonzentration im Gewebe der drei Gruppierungen ist in der Abb.28 zu sehen. Dabei zeigt sich, daß durchweg, außer im Urin, der Bleigehalt im biologischen Material (Nierenrinde, Nierenmark, Muskel, Prostata und Blut) der Raucher erhöht ist gegenüber demjenigen der Nicht- und der Ex-Raucher. Bei den Ex-Rauchern ist der Bleigehalt im Nierenrinden-, Muskel- und Prostatagewebe etwa gleich hoch wie derjenige der Nichtraucher. Im Blut und im Urin ist er bei Ex-Rauchern deutlich höher als bei Nichtrauchern. Die mittleren Bleigewebekonzentrationen in der Nierenrinde sind $225,6 \pm 83,7$ ng/g bei Nichtrauchern, $242,1 \pm 99,4$ ng/g bei Ex-Rauchern, und $378,4 \pm 201,6$ ng/g bei Rauchern. Statistisch signifikant sind die Unterschiede zwischen der Bleigewebekonzentration bei Nichtrauchern und bei Rauchern und zwischen der Bleigewebekonzentration bei Ex-Rauchern und bei Rauchern ($p \leq 0,05$). Die Mittelwerte des Nierenmarkgewebes liegen bei $184,0 \pm 170,4$ ng/g bei Nichtrauchern, $116,7 \pm 76,4$ ng/g bei Ex-Rauchern, und $240,1 \pm 228,2$ ng/g bei Rauchern. Im Blut fanden wir eine mittlere Bleikonzentration bei den Nichtrauchern von $\bar{x} = (158,8 \pm 64,3)$ µg/l und bei den Rauchern von $\bar{x} = (220,7 \pm 83,9)$ µg/l; dieser Unterschied ist statistisch signifikant ($p \leq 0,05$).

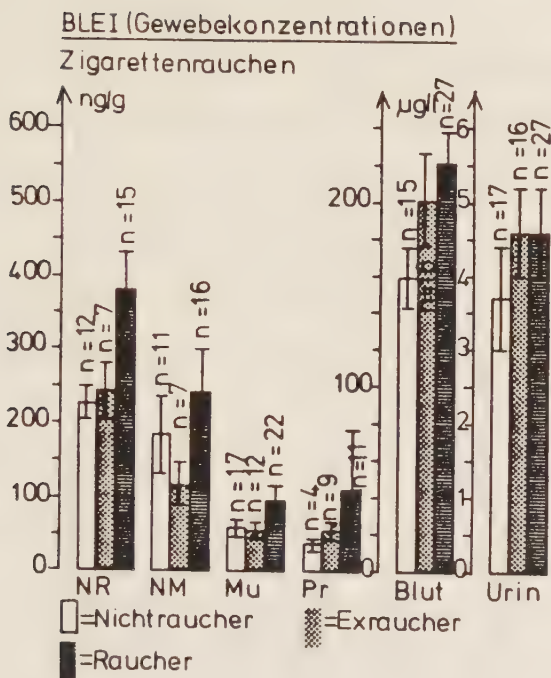


Abb.28: Der Bleigehalt im Nierenrinden-, Nierenmark- und Muskelgewebe (in ng/g), im Blut und Urin (in µg/l), in Abhängigkeit von den Rauchgewohnheiten.

Bezeichnungen: n = Anzahl der Gewebeproben;
NR = Nierenrinde; NM = Nierenmark; Mu = Muskelgewebe;
Pr = Prostata; nichtausgefüllte Säulen: Nichtraucher;
gepunktete Säulen: Ex-Raucher; schraffierte Säulen: Raucher.

4.2 Cadmium

Die Ergebnisse sind in der Abb.29 dargestellt. Auch hier ist die Schwermetall-Gewebekonzentration für Cadmium im biologischen Material der Raucher (Nierenrinde und Nierenmark, Muskel, Prostata, Blut) stets höher als derjenige der Nicht- und der Ex-Raucher, mit Ausnahme des Urins. In der Nierenrinde ist bei den Rauchern die Cadmium-Gewebekonzentration bei einem Mittelwert von $(42,7 \pm 34,6) \times 10^3$ ng/g mehr als vier mal so hoch wie bei Nichtrauchern bei einem Mittelwert von $(10,4 \pm 6,4) \times 10^3$ ng/g, der Unterschied ist statistisch signifikant ($p \leq 0,05$); bei den Ex-Rauchern mit einer mittleren Cadmiumkonzentration von $(23,5 \pm 28,1) \times 10^3$ ng/g beträgt sie mehr als das Doppelte derjenigen der Nichtraucher. Im Nierenmark sind die Unterschiede Raucher-Nichtraucher und Ex-Raucher-Nichtraucher noch ausgeprägter als in der Nierenrinde. Bei einem Mittelwert von $(14,5 \pm 14,0) \times 10^3$ ng/g bei Rauchern ist hier die Cadmium-Gewebekonzentration mehr als sieben mal so hoch wie bei Nichtrauchern, wo der Mittelwert $(1,9 \pm 1,0) \times 10^3$ ng/g beträgt. Bei Ex-Rauchern ($\bar{x} = (9,1 \pm 9,9) \times 10^3$ ng/g) ist sie fast fünf mal so hoch wie bei Nichtrauchern ($p \leq 0,01$). Auch im Muskel und in der Prostata finden sich im Gewebe der Raucher deutlich höhere Cadmiumkonzentrationen als bei Nichtrauchern; im Gewebe der Ex-Raucher ist sie erhöht gegenüber derjenigen der Nichtraucher und erniedrigt gegenüber derjenigen der Raucher. Im Urin fallen mit einem Mittelwert von $\bar{x} = 5,6 \pm 12,2$ µg/l die höchsten Cadmiumkonzentrationen bei den Nichtrauchern auf. Dagegen betragen die Mittelwerte für Ex-Raucher und Raucher im Urin nur $0,8 \pm 0,7$ µg/l und $1,4 \pm 3,0$ µg/l.

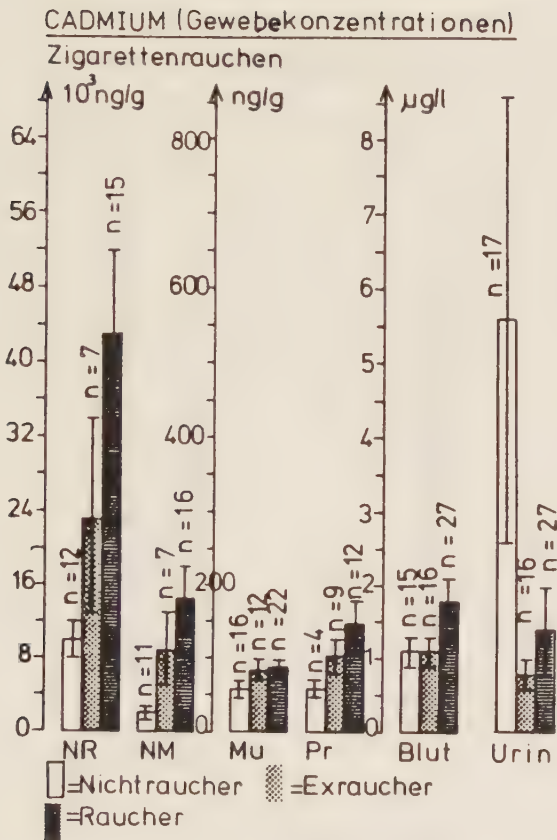


Abb.29: Der Cadmiumgehalt im Nierenrinden-, Nierenmark- (in 10^3 ng/g), und Muskelgewebe (in ng/g), im Blut und Urin (in $\mu\text{g/l}$), in Abhängigkeit von den Rauchgewohnheiten. Bezeichnungen siehe Abb.28.

4.3 Mangan

Die Mangan-Gewebekonzentrationen in Abhängigkeit vom Rauchverhalten sind in der Abb.30 dargestellt. Es zeigt sich, daß wiederum, mit Ausnahme des Urins, die Mangankonzentrationen in den untersuchten Gewebeproben und im Blut der Raucher am höchsten sind. Folgende Mittelwerte erhoben wir für die Niere: in der Nierenrinde $928,9 \pm 448,7$ ng/g bei Nichtrauchern, $832,1 \pm 580,7$ ng/g bei Ex-Rauchern, und $1249,4 \pm 764,7$ ng/g bei Rauchern; im Nierenmark $384,6 \pm 224,1$ ng/g bei Nichtrauchern, $533,6 \pm 434,4$ ng/g bei Ex-Rauchern, und $764,2 \pm 805,8$ ng/g bei Rauchern.

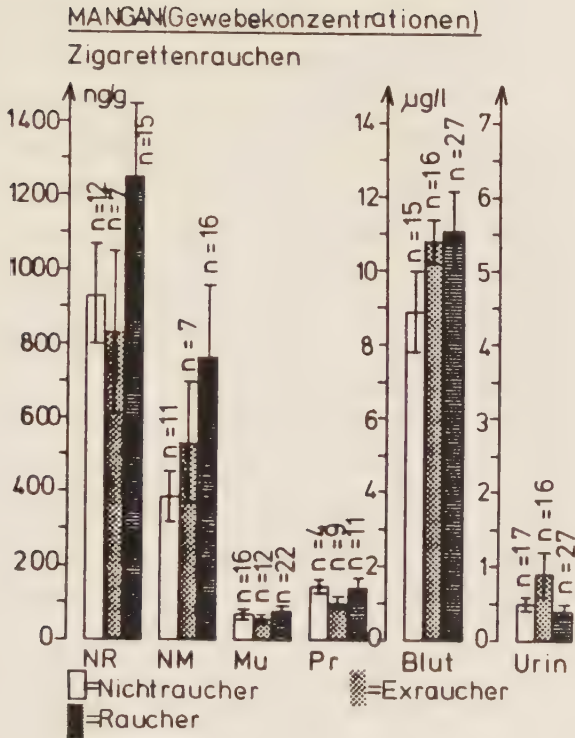


Abb.30: Der Mangengehalt im Nierenrinden-, Nierenmark- und Muskelgewebe (in ng/g), im Blut und Urin (in µg/l), in Abhängigkeit von den Rauchgewohnheiten. Bezeichnungen siehe Abb.28.

5. Schwermetallgehalt und Lebensbereich (Stadt/Land)

5.1 Blei

Eine Übersicht über die Verteilung des Bleigehaltes in Gewebeproben von Stadt- und Landbevölkerung zeigt die Abb.31. Wir stellten fest, daß im Nierenrinden- und Nierenmarkgewebe sowie im Muskelgewebe der Stadtbevölkerung geringere Bleikonzentrationen enthalten sind als bei der Landbevölkerung. Die Mittelwerte sind in der Nierenrinde $266,0 \pm 118,3$ ng/g bei der Stadtbevölkerung, und $395,4 \pm 249,2$ ng/g bei der Landbevölkerung, im Nierenmark liegen sie bei $169,8 \pm 158,7$ ng/g bei der Stadtbevölkerung, und bei $260,8 \pm 246,2$ ng/g bei der Landbevölkerung. Dagegen beträgt in der Prostata der Bleigehalt im Gewebe der Stadtbevölkerung mit $86,4 \pm 183,7$ ng/g das etwa dreifache desjenigen der Landbevölkerung mit $27,2 \pm 8,0$ ng/g. Auch im Blut und im Urin der Stadtbevölkerung fallen höhere Werte auf. Im Vollblut ist die mittlere Bleikonzentration mit $209,1 \pm 91,1$ µg/l bei den Stadtbewohnern signifikant höher als bei den Landbewohnern mit $161,3 \pm 51,0$ µg/l ($p \leq 0,05$).

In den einzelnen Altersgruppen haben die Stadtbewohner ebenfalls höhere Bleiwerte im Blut und Urin (siehe Abb.32, Abb.33).

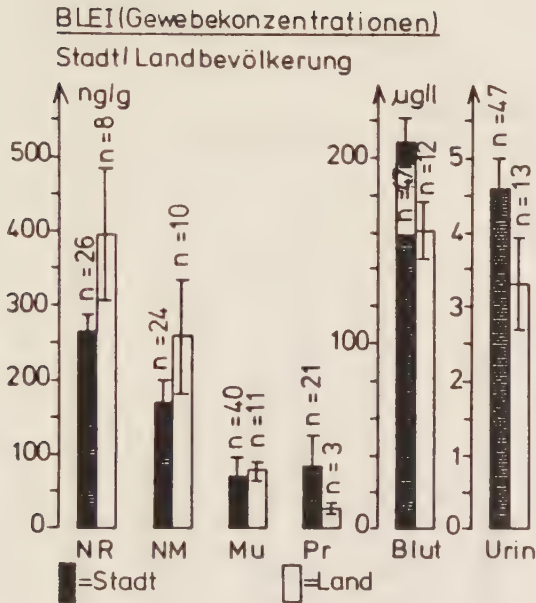


Abb.31: Der Bleigehalt im Nierenrinden-, Nierenmark- und Muskelgewebe (in ng/g), im Blut und Urin (in µg/l), in Abhängigkeit vom Lebensbereich (Stadt/Land).
Bezeichnungen: n = Anzahl der Gewebeproben;
NR = Nierenrinde; NM = Nierenmark; Mu = Muskelgewebe;
Pr = Prostata; schraffierte Säulen: Stadtbewohner;
nichtausgefüllte Säulen: Landbewohner.

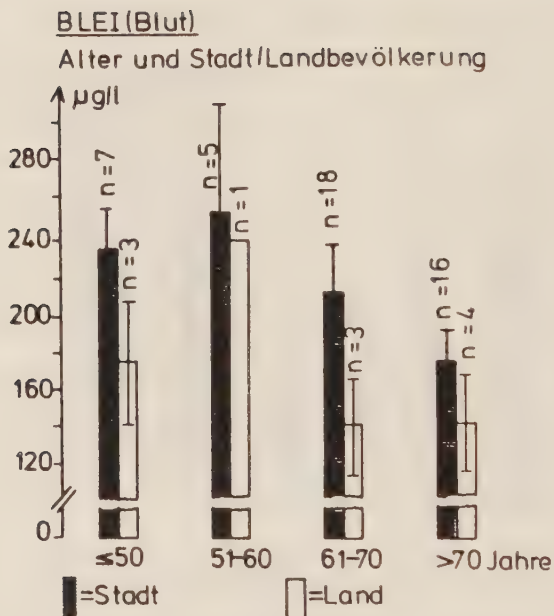


Abb.32: Der Bleigehalt im Blut (in µg/l) in Abhängigkeit vom Alter und vom Lebensbereich (Stadt/Land).
Bezeichnungen siehe Abb.4 und Abb.31.

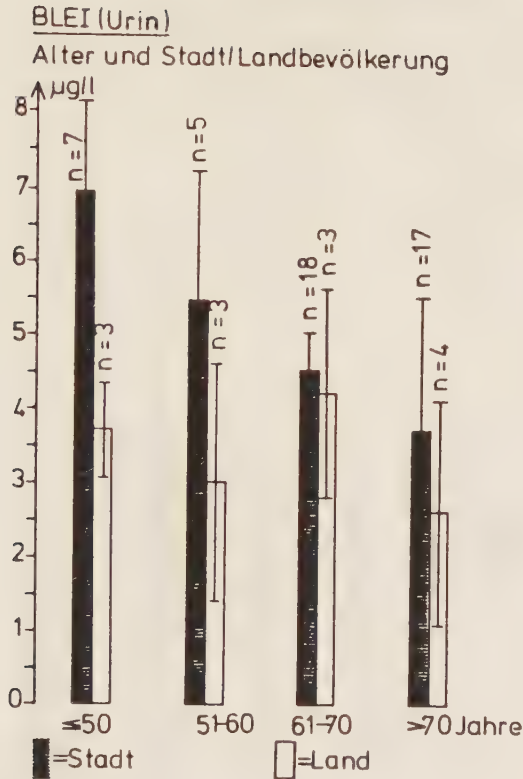


Abb.33: Der Bleigehalt im Urin (in µg/l) in Abhängigkeit vom Alter und vom Lebensbereich (Stadt/Land).
Bezeichnungen siehe Abb.4 und Abb.31.

5.2 Cadmium

Der Cadmiumgehalt in der Nierenrinde der Landbewohner ist mit $(37,1 \pm 41,5) \times 10^3$ ng/g tendenziell höher als der der

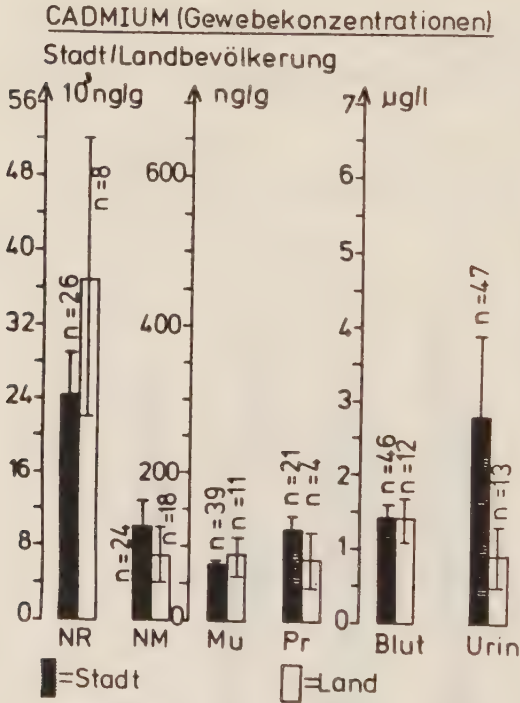


Abb.34: Der Cadmiumgehalt im Nierenrinden-, Nierenmark- (in 10^3 ng/g), und Muskel- und Prostatagewebe (in ng/g), im Blut und im Urin (in µg/l), in Abhängigkeit vom Lebensbereich (Stadt/Land). Bezeichnungen siehe Abb.31.

Stadtbevölkerung mit $(24,3 \pm 25,3) \times 10^3$ ng/g. Die in den sonstigen Geweben und im Blut (siehe Abb.35) bestimmten Werte ergeben keine nennenswerten Unterschiede. Im Urin jedoch schied die Stadtbevölkerung mit $2,8 \pm 7,8$ µg/l ungefähr die dreifache Cadmiummenge aus als die Landbevölkerung mit $0,9 \pm 1,5$ µg/l. Die Cadmiumausscheidung im Urin der Stadtbewohner steigt mit zunehmendem Alter (siehe Abb.36) von $0,7 \pm 0,5$ µg/l bei den bis zu 50-jährigen auf $4,8 \pm 12,2$ µg/l bei den über 70-jährigen signifikant an ($p \leq 0,01$). Demgegenüber fällt in der Gruppe der Landbewohner ($\bar{x} = 0,6 \pm 0,5$ µg/l) eine tendenzielle Abnahme auf.

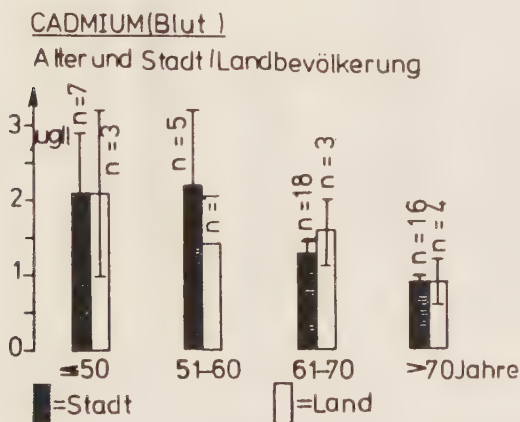


Abb.35: Der Cadmiumgehalt im Blut (in µg/l) in Abhängigkeit vom Alter und vom Lebensbereich (Stadt/Land).

Bezeichnungen siehe Abb.4 und Abb.31.

CADMIUM (Urin)

Alter und Stadt/Landbevölkerung

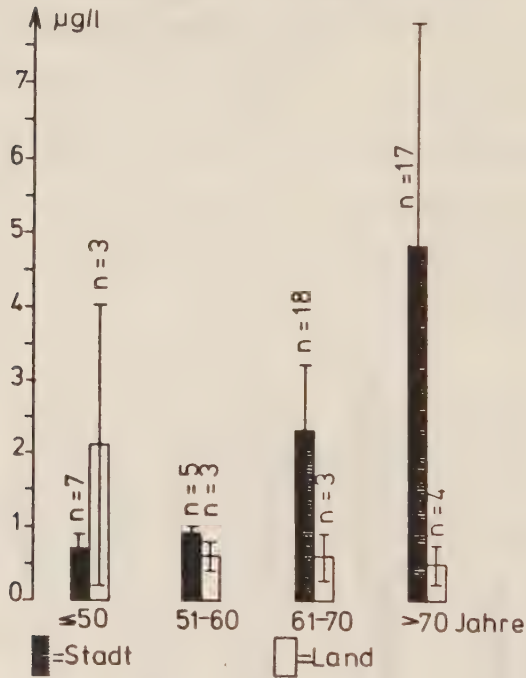


Abb. 36: Der Cadmiumgehalt im Urin (in µg/l) in Abhängigkeit vom Alter und vom Lebensbereich (Stadt/Land). Bezeichnungen siehe Abb.4 und Abb.31.

5.3 Mangan

Die mittleren Mangan-Gewebekonzentrationen in Nierenrinde, Nierenmark, Muskel, Prostata, Blut und Urin sind in Abb.37

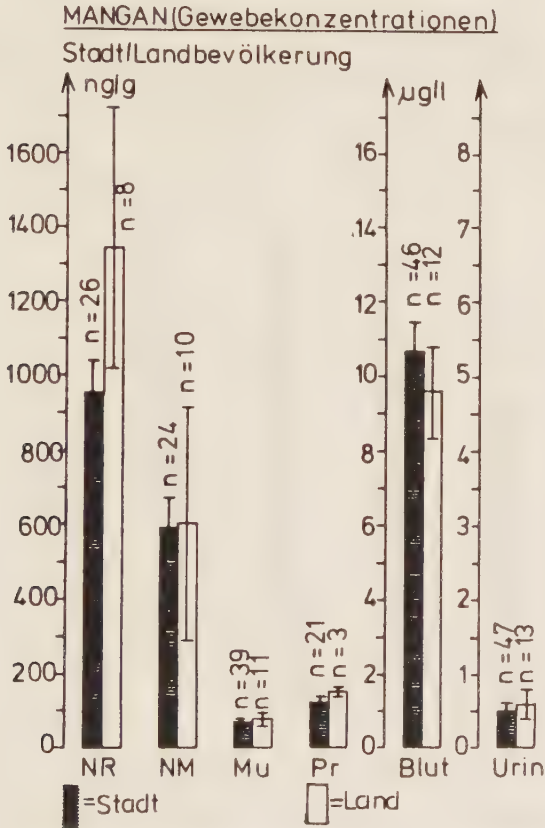


Abb.37: Der Mangangehalt im Nierenrinden-, Nierenmark-, Muskel- und Prostatagewebe (in ng/g), im Blut und im Urin (in µg/l), in Abhängigkeit vom Lebensbereich (Stadt/Land). Bezeichnungen siehe Abb.31.

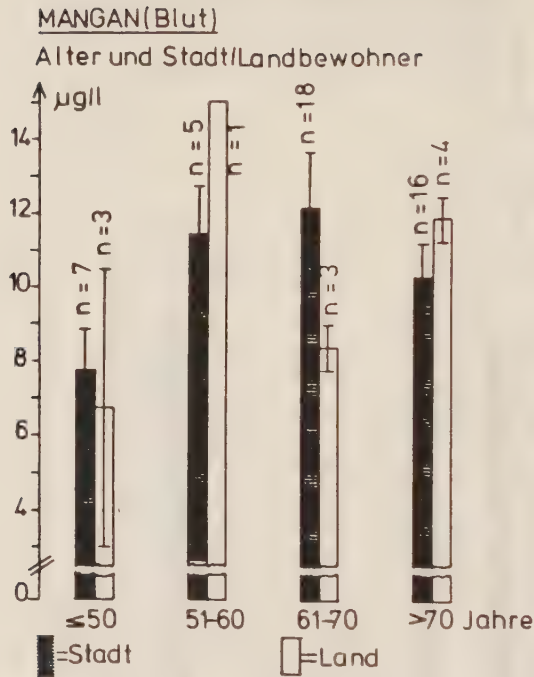


Abb.38: Der Mangangehalt im Blut (in µg/l) in
Abhängigkeit vom Alter und vom Lebensbereich
(Stadt/Land). Bezeichnungen siehe Abb.4 und Abb.31.

dargestellt. Auch hier ist der Mangangehalt in der Nierenrinde der Landbewohner mit $1373,4 \pm 995,7$ ng/g deutlich, jedoch nicht signifikant, gegenüber demjenigen der Stadtbewohner mit $951,0 \pm 469,0$ ng/g erhöht. In den sonstigen untersuchten Gewebeproben ergaben sich keine nennenswerten Unterschiede zwischen Stadt- und Landbewohnern (siehe auch Abb.38 und 39).

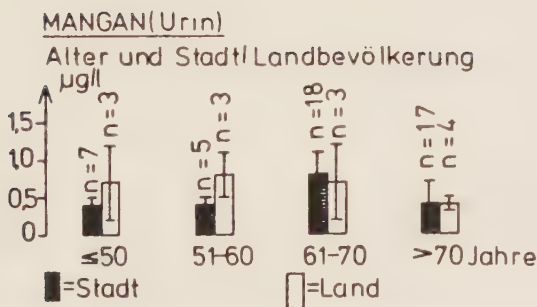


Abb.39: Der Mangangehalt im Urin (in µg/l) in Abhängigkeit vom Alter und vom Lebensbereich (Stadt/Land).
Bezeichnungen siehe Abb.4 und Abb.31.

6. Nierenerkrankungen und Schwermetallvorkommen

6.1 Blei (siehe Tab.6)

Mit Ausnahme des Nierenmarks sind in den untersuchten Geweben (Nierenrinde, Muskel, Blut, Urin) der Patienten mit einem malignen Nierentumor die Bleikonzentrationen höher als bei Patienten mit anderen Nierenkrankheiten (kein signifikanter Unterschied).

6.2 Cadmium (siehe Tab.7)

Die Patienten mit einem malignen Nierentumor haben tendenziell einen höheren Cadmiumgehalt in der Nierenrinde, im Nierenmark und im Muskel als jene mit anderen Erkrankungen. Umgekehrt verhalten sich jedoch die Werte im Blut und im Urin. Die Unterschiede lassen sich ebenfalls statistisch nicht sichern.

6.3 Mangan (siehe Tab.8)

Auch die Mangankonzentrationen in den Gewebeproben der Patienten mit einem malignen Nierentumor liegen über denjenigen der tumorfreien Patienten, wie aus der Tab.8 ersichtlich ist. Signifikante Unterschiede bestehen wiederum nicht.

Tab.6: Der Bleigehalt im Nieren- und Muskelgewebe (in ng/g), im Blut und im Urin (in $\mu\text{g/l}$), bei Patienten mit einem malignen Tumor der Niere und mit anderen Nierenerkrankungen. Bezeichnungen: n = Anzahl der Gewebeprobe; $\bar{x}$ = Mittelwert; δ = Standardabweichung.

Gewebeart	maligner Tumor			kein Tumor		
	n	$\bar{x}$	δ	n	$\bar{x}$	δ
Nierenrinde	16	310,1	140,3	18	284,3	185,7
Nierenmark	16	192,7	179,8	18	200,0	202,6
Muskel	13	104,1	103,6	19	66,0	47,9
Blut	16	235,5	104,9	19	181,3	78,0
Urin	16	4,9	3,7	19	4,41	2,3

Tab.7: Der Cadmiumgehalt im Nierengewebe (in 10^3 ng/g), Muskelgewebe (in ng/g), im Blut und im Urin (in $\mu\text{g/l}$), bei Patienten mit einem malignen Tumor der Niere und mit anderen Nierenerkrankungen. Bezeichnungen: siehe Tab.6.

Gewebeart	maligner Tumor			kein Tumor		
	n	$\bar{x}$	δ	n	$\bar{x}$	δ
Nierenrinde	16	34,7	33,8	18	20,8	24,6
Nierenmark	16	11,7	13,7	18	7,2	9,6
Muskel	13	88,5	53,8	19	68,3	58,7
Blut	16	1,6	1,4	19	1,7	1,4
Urin	16	1,9	3,8	19	2,9	7,9

Tab.8. Der Mangangehalt im Nieren- und Muskelgewebe (in ng/g), im Blut und im Urin (in $\mu\text{g/l}$), bei Patienten mit einem malignen Tumor der Niere und mit anderen Nierenerkrankungen. Bezeichnungen siehe Tab.6.

Gewebeart	maligner Tumor			kein Tumor		
	n	$\bar{x}$	δ	n	$\bar{x}$	δ
Nierenrinde	16	1170,8	447,3	18	943,3	770,4
Nierenmark	16	640,4	465,5	18	552,6	728,8
Muskel	13	89,5	56,4	19	56,6	33,9
Blut	16	12,7	6,0	19	9,0	3,5
Urin	16	0,8	1,3	19	0,5	0,4

Tab.9: Der Bleigehalt im Nierenrinden- und Nierenmarkgewebe (in ng/g) in Abhängigkeit von der Berufsgruppe. Bezeichnungen siehe Tab.6.

Berufsgruppe	Nierenrinde			Nierenmark		
	n	$\bar{x}$	δ	n	$\bar{x}$	δ
1	16	266,2	139,2	15	136,9	94,7
2	0	-	-	0	-	-
3	0	-	-	0	-	-
4	8	372,4	238,8	8	259,0	277,5
5	3	140,3	12,1	3	259,7	305,4
6	4	381,8	91,8	5	208,8	200,3

7. Schwermetallgehalt und Berufsgruppen

Aufgrund der geringen Anzahl von Nierenpatienten in den Berufsgruppen 2 und 3 (insgesamt 3 Personen) wurde auf eine statistische Auswertung der Meßwerte im Nierengewebe verzichtet.

7.1 Blei

In der Nierenrinde und im Nierenmark der Patienten der Berufsgruppen 4 und 6 sind die höchsten Werte zu finden (Tab.9), nicht im Muskelgewebe (siehe Abb.40). Hier sind die Mittelwerte für die Gruppe 2 mit $204,3 \pm 180,6$ ng/g und für die Gruppe 3 mit $139,7 \pm 142,7$ ng/g am höchsten.

Im Blut übertrifft die Bleikonzentration der Gruppe 4 mit $231,2 \pm 89,2$ µg/l besonders die der Gruppe 5 mit $138,9 \pm 35,8$ µg/l (siehe Abb.41). Die höchsten Bleikonzentrationen im Urin haben Patienten der Berufsgruppen 2 ($\bar{x} = 5,4 \pm 4,7$ µg/l) und 4 ($\bar{x} = 5,0 \pm 2,7$ µg/l) (siehe Abb.42).

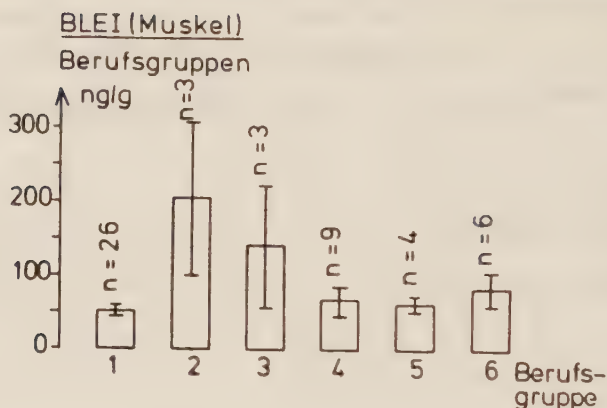


Abb.40: Der Bleigehalt im Muskelgewebe (in ng/g) in Abhängigkeit von der Berufsgruppe. Bezeichnungen siehe Abb.1.

Berufsgruppe 1: beruflich nicht Schwermetall-exponierte Personen (Hausfrauen, Verkäufer, Büroangestellte);

Berufsgruppe 2: Personen, deren berufliche Tätigkeit zum größten Teil durch Kraftfahrzeugfahren bestimmt wird;

Berufsgruppe 3: Bauarbeiter; Berufsgruppe 4: Mechaniker, Techniker, Schlosser; Berufsgruppe 5: Fabrikarbeiter ohne Schwermetall-exposition;

Berufsgruppe 6: verschiedene Handwerkergruppen (Zimmerleute, Tapezierer, Maler).

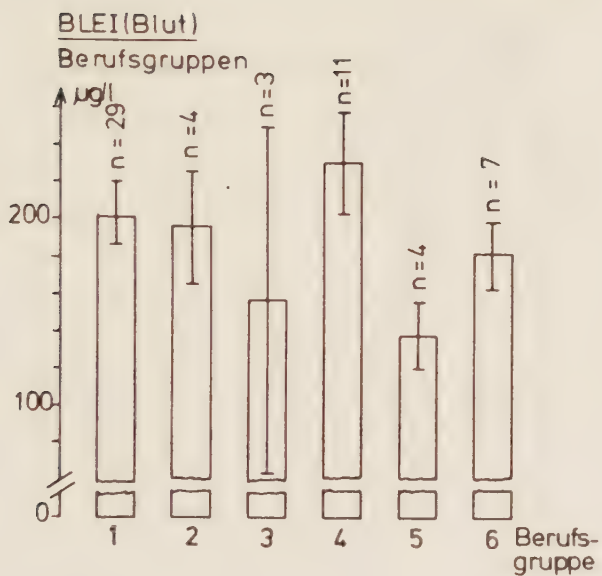


Abb.41: Der Bleigehalt im Blut (in $\mu\text{g/l}$) in Abhängigkeit von der Berufsgruppe.
Bezeichnungen siehe Abb.40.

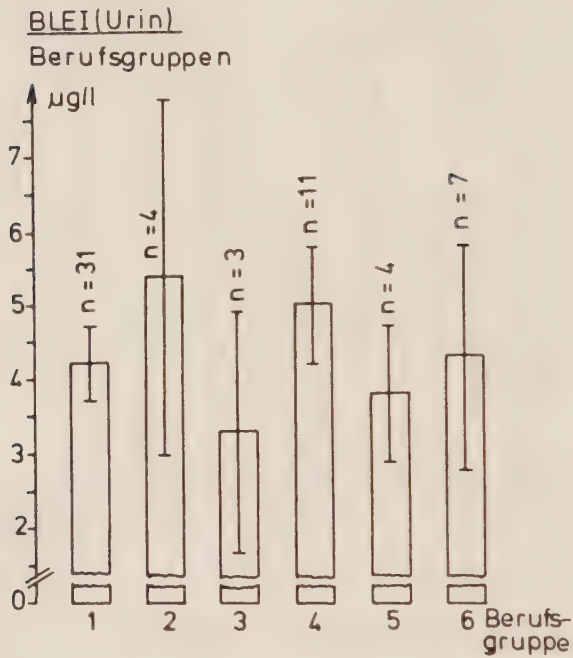


Abb.42: Der Bleigehalt im Urin (in $\mu\text{g/l}$)

in Abhängigkeit von der Berufsgruppe.

Bezeichnungen siehe Abb.40.

7.2 Cadmium

Die Patienten der beiden beruflich nicht gegenüber Schwermetallen exponierten Berufsgruppen 1 und 5 weisen auch hier deutlich niedrigere Gewebekonzentrationen in der Nierenrinde auf (siehe Tab.7); in der Gruppe 1 liegt der mittlere Cadmium-Gehalt bei $(23,1 \pm 20,6) \times 10^3$ ng/g, in der Gruppe 5 bei $(7,5 \pm 4,4) \times 10^3$ ng/g. In der Gruppe 4 (beruflich exponiert) beträgt dieser $(43,4 \pm 43,5) \times 10^3$ ng/g. Im Nierenmark liegen ähnliche Verhältnisse vor. Während im Muskelgewebe mit durchschnittlichen Werten zwischen 62,5 und 78,3 ng/g keine wesentlichen Unterschiede in Abhängigkeit von der beruflichen Tätigkeit auffallen (Tab.10), weisen im Blut und im Urin die Gruppen 4 und 5 deutlich höhere Cadmium-Gewebekonzentrationen auf als die anderen vier Gruppen (siehe Abb.43 und Abb.44).

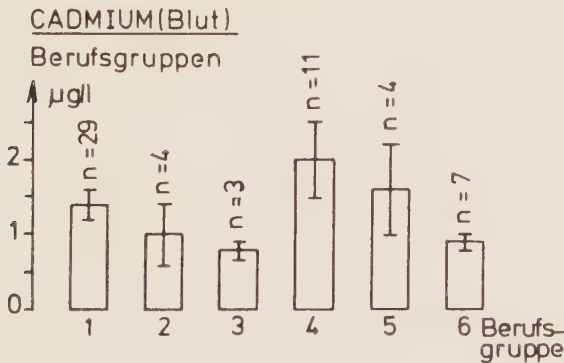


Abb.43: Der Cadmiumgehalt im Blut (in µg/l) in Abhängigkeit von der Berufsgruppe. Bezeichnungen siehe Abb.40.

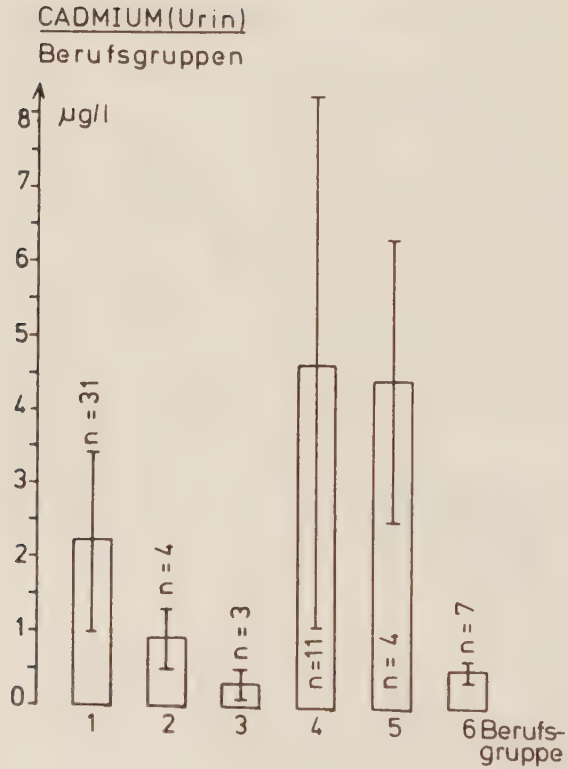


Abb.44: Der Cadmiumgehalt im Urin (in µg/l) in Abhängigkeit von der Berufsgruppe. Bezeichnungen siehe Abb.40.

Tab.10: Der Cadmiumgehalt im Nierenrinden-, Nierenmark- (in 10^3 ng/g) und Muskelgewebe (in ng/g) in Abhängigkeit von der Berufsgruppe. Bezeichnungen siehe Tab.6.

Berufsgr.	Nierenrinde			Nierenmark			Muskel		
	n	$\bar{x}$	δ	n	$\bar{x}$	δ	n	$\bar{x}$	δ
1	16	23,1	20,6	15	7,6	8,5	25	78,3	60,2
2	0	-	-	0	-	-	3	87,7	39,7
3	0	-	-	0	-	-	3	87,7	59,2
4	8	43,4	43,5	8	13,3	17,7	9	73,8	54,3
5	3	7,5	4,4	3	1,0	1,3	4	85,8	64,7
6	4	28,0	43,3	5	10,4	12,7	6	62,5	48,6

Tab.11: Der Mangangehalt im Nierenrinden-, Nierenmark- und Muskelgewebe(in ng/g) in Abhängigkeit von der Berufsgruppe. Bezeichnungen siehe Tab.6.

Berufsgr.	Nierenrinde			Nierenmark			Muskel		
	n	$\bar{x}$	δ	n	$\bar{x}$	δ	n	$\bar{x}$	δ
1	16	1154,4	784,3	15	511,6	342,2	25	72,0	44,3
2	0	-	-	0	-	-	3	86,0	88,5
3	0	-	-	0	-	-	3	65,7	37,8
4	8	1161,3	464,7	8	612,1	556,6	9	55,6	27,0
5	3	371,3	233,0	3	277,3	202,7	4	51,3	7,1
6	4	1202,3	368,3	5	1036,2	1316,2	5	78,0	49,4

7.3 Mangan

In der Nierenrinde von Patienten der Berufsgruppen 1, 4 und 6 ist der Mangangehalt mit 1154,4 bis 1202,3 ng/g etwa gleich hoch, mit 371,3 ng/g jedoch deutlich niedriger in der Gruppe 5; auch im Nierenmark haben Patienten der Gruppe 5 die geringsten Werte (Tab.11). Die Mangankonzentrationen im Muskelgewebe (Tab.11) und im Blut (Abb.45) lassen keine eindeutige Abhängigkeit vom Beruf erkennen. Im Urin wiederum liegen die Werte mit $0,9 \pm 1,5 \mu\text{g/l}$ in der Berufsgruppe 4 am höchsten und sind hier nahezu doppelt so hoch wie bei anderen Personen (siehe Abb.46).

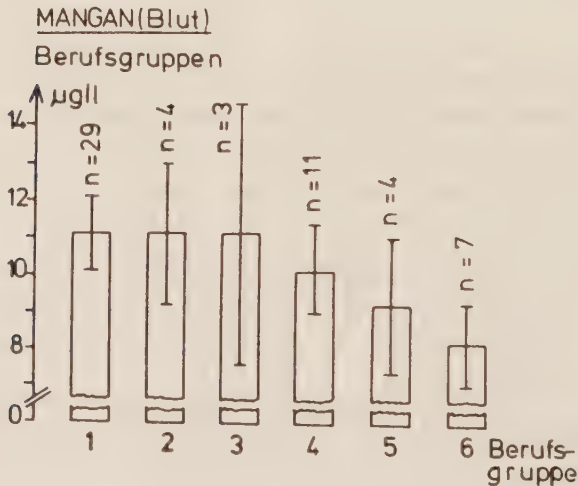


Abb.45: Der Mangangehalt im Blut (in $\mu\text{g/l}$) in Abhängigkeit von der Berufsgruppe. Bezeichnungen siehe Abb.40.

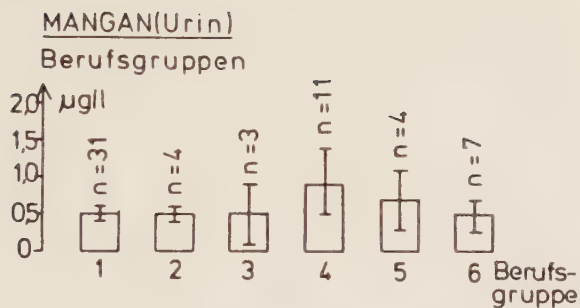


Abb.46: Der Mangangehalt im Urin (in $\mu\text{g/l}$) in Abhängigkeit von der Berufsgruppe. Bezeichnungen siehe Abb.40.

IV. Diskussion

Blei

Blei ist ein Schwermetall, das sich in den Geweben des Körpers unterschiedlich anreichert (3, 5, 35, 52, 56).

BARRY und MOSSMAN (3) und SUGITA (56) stellten fest, daß der Anteil an Blei im Knochen sehr viel höher ist als in den weichen Geweben (über 90% der gesamten Bleilast des Körpers ist im Knochen in inaktiver Form abgelagert), und daß von den weichen Geweben die Aorta, gefolgt von Leber und Niere, die höchsten Bleikonzentrationen enthält. Niedrige Gewebekonzentrationen fanden sie im Muskelgewebe. SCHROEDER und Mitarbeiter (52) berichteten 1968 über hohe mittlere Bleikonzentrationen in Gewebeproben von Leber, Niere, Pankreas, Lunge, Aorta und Knochen, und die vergleichsweise sehr geringe Akkumulation von Blei im Muskel- und Prostatagewebe.

Auch in unserem Kollektiv ließ sich eine unterschiedliche Verteilung der Bleikonzentrationen in den einzelnen Organen erkennen. Danach ist im Nierenrindengewebe die Bleikonzentration am höchsten, in der Nierenrinde etwa doppelt so hoch wie im Nierenmark. Dieses Resultat befindet sich in Übereinstimmung mit der von BARRY (4) beschriebenen Beobachtung, nach der die mittlere Bleikonzentration der Nierenrinde die des Nierenmarks um etwa 50 % übertraf. Deutlich niedrigere Konzentrationen fanden wir im Muskel- und Prostatagewebe.

Die von uns gemessenen Gewebekonzentrationen liegen jedoch tiefer als die in der Literatur angegebenen. SUGITA (56) stellte in der Nierenrinde eine mittlere Bleikonzentration von $0,404 \pm 0,155 \mu\text{g/g}$, im Nierenmark von $0,329 \pm 0,124 \mu\text{g/g}$ und im Muskel von $0,0895 \pm 0,0344 \mu\text{g/g}$ fest; bei SUMINO und Mitarbeitern (57) waren die Mittelwerte im Nierengewebe $0,47 \pm 0,23 \mu\text{g/g}$ und im Muskel $0,26 \pm 0,16 \mu\text{g/g}$. Dagegen fanden wir in der Nierenrinde eine mittlere Blei-Gewebekonzentration von $0,296 \pm 0,164 \mu\text{g/g}$, im Nierenmark von $0,197 \pm 0,189 \mu\text{g/g}$ und im Muskel von $0,073 \pm 0,072 \mu\text{g/g}$.

Die Bleikonzentration im Blut lag in unserem Kollektiv mit $19,92 \pm 8,63 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ größenmäßig im Bereich der in der Literatur angegebenen Werte. SUMINO und Mitarbeiter (57) fanden eine mittlere Blutbleikonzentration von $29 \pm 13 \mu\text{g/dl}$ bei Japanern. BERGMANN und Mitarbeiter (5) konnten in einem Kollektiv von 677 Personen aus dem bayerischen Raum keine Blutbleiwerte feststellen, die oberhalb der Toleranzgrenze von $35 \mu\text{g/dl}$ lagen; BUCHET und Mitarbeiter (8) ermittelten für ein beruflich unbelastetes Kollektiv eine mittlere Blutbleikonzentration von $16,4 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$.

Eine große Differenz zeigt der Vergleich der von BARRY (4) beschriebenen mittleren Bleikonzentration im Urin ($\bar{x} = 39,58 \pm 43,80 \mu\text{g/l}$ bei Männern und $\bar{x} = 23,8 \pm 25,27 \mu\text{g/l}$ bei Frauen) mit der von uns gefundenen mittleren Konzentration im Urin ($\bar{x} = 4,4 \pm 2,8 \mu\text{g/l}$).

Eine Abhängigkeit der Bleikonzentration vom Lebensalter ist in unserem Kollektiv in Niere, Muskel, Blut und Urin zu sehen. Bis zur sechsten Lebensdekade war die Bleikonzentration ansteigend in Nierenrinde, Muskel und Blut, danach nahm sie ab, während sie im Urin am höchsten war bei Patienten, die das 51-te Lebensjahr noch nicht erreicht hatten.

Auch SCHROEDER und Mitarbeiter (52) beschrieben eine begrenzt zunehmende Akkumulation von Blei im Nierengewebe von US-Bürgern bis zum fünften oder sechsten Lebensjahrzehnt. Andere Autoren (3, 56, 57) stellten bei Erwachsenen keine Abhängigkeit der Bleikonzentration in Niere und Muskel vom Alter fest. SARTOR und RONDICE (49) konnten eine fast lineare Zunahme der Bleikonzentration mit steigendem Lebensalter bei männlichen bleiexponierten Personen (Bleibelastung durch Versorgung des Haushaltes über bleihaltige Wasserröhren) nachweisen. Bei nicht bleiexponierten Männern aus städtischen Regionen Belgiens konnten sie keine Altersabhängigkeit finden; bei diesen tendierten die Bleikonzentrationen des Blutes dazu, im Gleichgewicht zu stehen mit der Bleibelastung durch die Umwelt (z.B. durch Atmosphäre und Nahrung). Sie ermittelten für die zuletzt genannte Gruppe eine mittlere Bleikonzentration im Blut von 20,8 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ für 50-59-jährige und von 17,3 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ für über 70-jährige Personen. Im Vergleich dazu waren unsere Ergebnisse folgende : $\bar{x} = 24,3 \pm 11,1\text{ } \mu\text{g}/100\text{ ml}$ für 51-60-jährige Personen und $\bar{x} = 17,0 \pm 6,2\text{ } \mu\text{g}/100\text{ ml}$ für über 70-jährige

Personen. Bei den bleiexponierten Personen aus dem Kollektiv von SARTOR und RONDICE waren die Werte deutlich höher als in unserem Kollektiv.

Bei der Aufteilung des Gesamtkollektivs in weibliche und männliche Patienten zeigte sich, daß in den Gewebeproben sowie im Blut und Urin der Männer höhere Bleikonzentrationen enthalten sind, insbesondere im Nierenrindengewebe der Männer. Im Nierenrindengewebe war die mittlere Bleikonzentration bei Frauen $0,206 \pm 0,083 \mu\text{g/g}$ und bei Männern $0,340 \pm 0,176 \mu\text{g/g}$. Auch BARRY (4) konnte nachweisen, daß die Bleikonzentrationen im männlichen Gewebe deutlich diejenige des weiblichen Gewebes übertraf, im Nierengewebe sogar um mehr als 30%. Er ermittelte für Frauen eine mittlere Bleikonzentration im Nierenrindengewebe von $0,55 \pm 0,39 \mu\text{g/g}$ und für Männer von $0,78 \pm 0,38 \mu\text{g/g}$. Auch die Bleiwerte im Urin und im Blut sind in seiner Studie bei Männern höher als bei Frauen, während im Muskel keine unterschiedlichen Gewebekonzentrationen bei den beiden Geschlechtern zu erkennen sind.

SUGITA (56) fand im Nierenrinden-, Nierenmark- und Muskelgewebe von Männern höhere Bleikonzentrationen als in den entsprechenden Geweben der Frauen; diese Unterschiede waren nicht signifikant. Dagegen berichtete SUMINO (57) von einem durchschnittlich höheren Bleigehalt in weiblichen Geweben. SCHALLER und Mitarbeiter (50) ermittelten bei männlichen

Arbeitern der Glas- und Keramikindustrie für das Kollektiv

die höheren Blutbleiwerte.

Wir konnten außerdem für unser Kollektiv nachweisen, daß mit zunehmendem Alter die Bleikonzentration im Nierenrindengewebe der Männer ansteigt, daß sie bei Frauen aber abnimmt. Eine Erklärung dafür könnte die stärkere berufliche Exposition sein, sowie die Tatsache, daß der Anteil der Raucher bei Männern höher ist.

Als Ergebnis der Untersuchung der Bleigewebekonzentrationen von Nichtrauchern, Ex-Rauchern und Rauchern haben wir Daten erhoben, die zeigen, daß die Gruppe der Raucher den höchsten Bleigehalt in Nierenrinde und Nierenmark, Muskel, Prostata, Blut und Urin aufweist, wogegen die entsprechenden Werte der Ex-Raucher teilweise zwischen denen der Nichtraucher und der Raucher, teilweise auch tiefer als die der Nichtraucher liegen. In Übereinstimmung damit stehen die von GRANDJEAN und Mitarbeitern (24) ermittelten Ergebnisse, die den Bleigehalt des Blutes betreffen; er beobachtete bei Männern wie bei Frauen eine Abhängigkeit der Blutbleikonzentration vom Raucherhabitus. Darüberhinaus stellte er jedoch fest, daß bei den Probanden seines Kollektivs die Rauchgewohnheiten in Beziehung standen mit dem Alkoholkonsum, und er nahm an, daß möglicherweise der hohe Blutbleigehalt der Raucher auch zusammenhänge mit dem häufigeren Genuß von Alkohol. Bei Personen, die keinen Alkohol tranken, war die Blutbleikonzentration der Raucher nur geringfügig gegenüber der der Nichtraucher erhöht. GRANDJEAN wies in dem Kollektiv

nicht Alkohol trinkender Personen bei nicht rauchenden Männern eine mittlere Bleikonzentration im Blut von $9 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$, bei rauchenden Männern von $13 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$, bei nichtrauchenden Frauen von $8 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ und bei rauchenden Frauen von $9 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ nach. Die von uns ermittelten Blutbleikonzentrationen waren dagegen höher: bezogen auf das Gesamtkollektiv (Männer und Frauen) zeigten Nichtraucher eine mittlere Konzentration von $15,9 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$, Ex-Raucher von $20,1 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ und Raucher von $22,1 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$. SZADKOWSKI und Mitarbeiter (59) untersuchten den Schwermetallgehalt von Zigaretten und berichteten von einer insgesamt erhöhten inhalativen Bleiaufnahme bei Rauchern. BROWN und Mitarbeiter (7) stellten die Hypothese auf, daß bei bleiexponierten Arbeitern Rauchen im Zusammenhang stehe mit einer erhöhten Bleiabsorption. Dagegen beobachteten BARRY und MOSSMAN (3) keine unterschiedlichen Bleigewebekonzentrationen bei Rauchern und Nichtrauchern.

SUGITA(56) ermittelte eine Halbwertszeit von etwa sechs Jahren für Blei im Nierengewebe; dadurch könnten die in unserem Kollektiv niedrigeren Nierengewebe-Konzentrationen bei Ex-Rauchern im Vergleich zu Rauchern erklärt werden.

Die Bleigewebekonzentration von Stadt- und Landbewohnern betreffend kamen wir zu folgenden Ergebnissen: im Gesamtkollektiv ist die Bleikonzentration im Nierengewebe (Rinde und Mark) bei Bewohnern ländlicher Regionen höher als bei Bewohnern städtischer Regionen. Im Muskelgewebe sind sie in beiden

Gruppierungen etwa gleich hoch, im Prostatagewebe ist die Bleikonzentration bei Städtern höher. BARRY und MOSSMAN (3) beobachteten weder an Frauen noch an Männern unterschiedliche Gewebekonzentrationen bei Stadt- und Landbewohnern. Sie wiesen aber darauf hin, daß die von ihnen untersuchten Personen in einer Industrieregion ansässig waren. Die Landbewohner waren beruflich sowohl auf dem Land als auch in der Industrie beschäftigt. SCHROEDER und Mitarbeiter (52) stellten fest, daß die Bleiexposition und inhalative Aufnahme in dichtbevölkerten, modernen Städten aufgrund der großen Anzahl von Kraftfahrzeugen und der Emissionen durch die Industrie besonders hoch sind. Offensichtlich zeigt sich die erhöhte Bleibelastung bei den Stadtbewohnern unseres Kollektivs nicht durch höhere Blei-Gewebekonzentrationen der Niere. Die Bleikonzentration im Blut und im Urin jedoch war bei den Stadtbewohnern unseres Kollektivs in allen Altersgruppen höher als bei Landbewohnern. BERGMANN und Mitarbeiter (5) fanden durchschnittlich höhere Blutbleiwerte bei Schülern, die an stark befahrenen Straßen wohnten, und auch CAPRIO und Mitarbeiter (10) stellten fest, daß ein Wohnsitz in der Nachbarschaft von Straßen mit

hoher Verkehrsdichte wesentlich zur Bleiabsorption und damit zu einem erhöhtem Bleigehalt im Blut bei Kindern beitragen kann.

Bezüglich **der Verursachung von Nierenkrank-**heiten durch eine erhöhte Bleibelastung liegen sich teilweise widersprechende Ansichten vor. Durch langfristige Exposition, insbesondere bei Arbeitern der Bleiindustrie, wird ein erhöhtes Risiko einer beeinträchtigten Nierenfunktion mit reduzierter glomerulärer Filtrationsrate und herabgesetzter tubulärer und glomerulärer Funktion beschrieben (2, 26, 37, 65). Interstitielle Fibrose und Schäden der proximalen Tubuluszellen in der Niere seien charakteristische morphologische Veränderungen (13, 14, 26, 40) . SCHROEDER und Mitarbeiter (52), BARRY und MOSSMAN (3) konnten keine eindeutige Korrelation zwischen Bleigewebekonzentrationen und chronischen Nierenkrankheiten feststellen. MORGAN und Mitarbeiter (40) äußerten die Vermutung, daß durch prolongierte Bleiaufnahme chronische Nephropathien entstehen könnten. CAMPBELL und Mitarbeiter (9) fanden eine inverse Korrelation zwischen Blutbleikonzentration und Blei-Clearance der Niere (bei hoher Blutbleikonzentration war die Blei-Clearance vermindert) und werteten dies als einen Hinweis für eine durch Bleibelastung erzeugte subklinische Nierenvergiftung. WAGNER und WAGNER-HERING (64) fanden einen größeren Schwankungsbereich der Schwermetallkonzentrationen (Blei und Cadmium) im Tumorgewebe der Niere und deuteten auf einen möglichen Zusammenhang zwischen erhöhten Schadstoffgehal-

ten in tumorös veränderten Nieren und Kanzerogenese hin. BLUMER und Mitarbeiter (6) vermuteten, daß durch das Blei des Autobenzins allgemein Krebserkrankungen begünstigt werden könnten, nachdem sie bei Anliegern einer vielbefahrenen Straße gehäuft Krebserkrankungsfälle auftreten sahen. BAKER und Mitarbeiter (2) berichteten in einer Fallstudie von einem beruflich bleiexponierten Arbeiter, bei dem sich ein cystisches Nierenkarzinom entwickelt hatte, das den in Tierexperimenten durch Bleizufuhr erzeugten Nierentumoren glich. Bei diesem Arbeiter war der Bleigehalt sowohl im Karzinomgewebe als auch im Blut erhöht. ZOLLINGER (63) zeigte in einer Versuchsserie mit Ratten, daß prinzipiell Nierentumoren durch zugeführte Bleiverbindungen produziert werden können. COLLE und Mitarbeiter (13) beobachteten in einem Tierversuch mit Affen, daß bei Bleizufuhr deutlich pathologische Veränderungen in der Niere entstanden. Bisher ist jedoch in keiner Studie bewiesen worden, daß bei Menschen durch Blei tatsächlich Krebs erzeugt werden kann (39).

Ebenso wie die Autoren WAGNER und WAGNER-HERING (64) und BAKER und Mitarbeiter (2) kamen wir zu der Feststellung, daß der Bleigehalt im metaplastisch veränderten Nierengewebe durchschnittlich erhöht ist verglichen mit dem Bleigehalt in nicht tumorös veränderten Nieren, und daß gleichzeitig auch der Bleigehalt im Blut dieser Patienten erhöht ist. WAGNER und WAGNER-HERING gaben einen Schwankungsbereich für Blei von 0,3 - 3,7 µg/g für das Nierenkarzinom und von 0,8 - 1,9 µg/g

für das Hypernephrom an. Wir ermittelten einen Schwankungsbereich von 0,14 - 0,71 $\mu\text{g/g}$ in der Rinde von metaplastisch veränderten Nieren. Im Nierenmark der gleichen Nieren war der Schwankungsbereich noch größer bei Werten von 0,04 - 0,74 $\mu\text{g/g}$, wobei aber die durchschnittlichen Bleikonzentrationen im Nierenmark deutlich kleiner waren als in der Nierenrinde.

In der Literatur wird von einer erhöhten Bleikonzentration in Geweben berufsmäßig exponierter Arbeiter berichtet, d.h. Arbeiter in Akkumulatorenfabriken, Bergwerken, Gießereien, der Glas- und Keramikindustrie, der Metallindustrie (Bearbeitung bleihaltiger Metalle) sowie bei Mechanikern in Autowerkstätten und Bahnarbeitern (Bahnmotoren für Achslager). BARRY und MOSSMAN (3) verglichen Bleikonzentrationen von weichen Geweben (auch Niere und Muskel) von bleiexponierten Arbeitern (u.a. einer Glas- und Kabelfabrik, Klempner, Bergarbeiter) mit denjenigen im Gewebe beruflich nicht exponierter Personen. Sie stellten keine bedeutsamen Unterschiede fest.

In unserem Kollektiv lassen sich gleichfalls keine signifikanten Unterschiede in den Gewebeproben erkennen; nicht zu vernachlässigen sind jedoch die durchschnittlich höheren Nierenrindengewebekonzentrationen in der Berufsgruppe der Mechaniker und Schlosser und in der Berufsgruppe der Handwerker. Im Muskelgewebe fanden wir relativ hohe Bleikonzentrationen bei Kraftfahrzeugfahrern, die sich auch durch eine höhere Exposition durch Bleiverbin-

dungen in Autoabgasen erklären lassen, und Bauarbeitern, niedrige bei Hausfrauen, Verkäufern und Büroangestellten.

CLAUSEN und RASTOGI (11) untersuchten 216 Personen in Dänemark, die in Garagen beschäftigt waren und fanden bei 59% von ihnen erhöhte Blutbleikonzentrationen, wobei die Mechaniker sogar signifikant erhöhte Werte aufwiesen. Die Kontrollgruppe (Büroangestellte) zeigte keine erhöhten Werte. Für Autowerkstättenarbeiter ermittelten die Autoren $44,8 \pm 22,8 \text{ } \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ Blut, für die Kontrollgruppe $18,6 \pm 9,6 \text{ } \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ Blut. Im Vergleich dazu waren in dem von uns untersuchten Kollektiv die Blutbleikonzentrationen der Mechaniker und Schlosser - hier sind auch die Autowerkstättenarbeiter eingeschlossen - mit $23,1 \pm 8,9 \text{ } \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ niedriger, der Hausfrauen und Büroangestellten mit $20,5 \pm 9,1 \text{ } \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ und der Fabrikarbeiter (ohne Schwermetallexposition) mit $13,9 \pm 3,6 \text{ } \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ in ähnlicher Größenordnung.

CLAUSEN und RASTOGI nahmen als mögliche Quellen der Bleiexposition in Autowerkstätten Autoabgase, bleienthaltendes Öl und Benzin sowie das Schweißen bleihaltiger Metalle an. Auch im Vergleich mit den Studien von RICHTER und Mitarbeitern (45), PAULEV und Mitarbeitern (43), BAKER und Mitarbeitern (2) und SCHALLER und Mitarbeitern (50) liegen die Blutbleikonzentrationen der bleiexponierten Arbeiter unseres Kollektivs durchschnittlich tiefer. Die Normgrenze von $35 \text{ } \mu\text{g}$ Blei/dl Blut

wurde von drei Personen überschritten. Bei zwei dieser Personen (männlich) war anamnestisch keine berufliche Ursache für den hohen Bleispiegel im Blut zu finden; sie waren Städter, einer von ihnen Raucher, und beide waren aufgrund eines Neoplasmas nephrektomiert worden. Der dritte war als Arbeiter auf Bahnhöfen beschäftigt, wo er Schienen des Bahnkörpers instandsetzte, Metalle schweißen mußte und in Kontakt mit Öl und Schmiermitteln kam. Von keinem wurde der BAT-Wert von 70 µg/dl erreicht.

Im Urin wiesen die Kraftfahrzeugfahrer, die Mechaniker und die Schlosser eine durchschnittlich höhere Blei-Exkretion auf; die Unterschiede waren jedoch nicht signifikant.

Cadmium

Wesentlich für die Akkumulation des ebenfalls nicht essentiellen Schwermetalls Cadmium sind die Organe Niere und Leber (13, 27, 50, 51), wobei SALMELA und Mitarbeiter (48) davon ausgehen, daß bei geringgradiger Exposition Niere und Leber durchschnittlich 85 % des gesamten Cadmiums im Körper enthalten. Auch in unserer Studie werden die verschiedenen hohen Cadmiumanreicherungen in den einzelnen Organen deutlich. Wir fanden eine mittlere Cadmiumgewebekonzentration von 27,3 µg/g Naßgewicht in der Nierenrinde und von 9,3 µg/g im Nierenmark. Wesentlich niedriger war die Cadmiumkonzentration im Muskel- und Prostatagewebe. Unsere Ergebnisse sind damit vergleichbar mit denen, die in der Literatur beschrieben werden (15, 16, 18, 54, 56, 57, 60). SUGITA (56) erhob die folgenden Daten: eine

mittlere Cadmiumkonzentration von 37 $\mu\text{g/g}$ in der gesamten Niere, von 46,2 $\mu\text{g/g}$ in der Nierenrinde und von 13,8 $\mu\text{g/g}$ im Nierenmark. Auch die Autoren FRIBERG (22) und KJELLSTRÖM und Mitarbeiter (27) stellten fest, daß die Cadmiumgewebekonzentration der Nierenrinde um etwa 50 % höher ist als die der gesamten Niere. Die von FRIBERG 1974 beschriebene Grenzwertkonzentration von 200 $\mu\text{g/g}$ Nierenrindengewebe wurde bei keinem der Patienten in unserer Studie beobachtet; die Höchstwerte lagen bei 116,1 und 109,3 $\mu\text{g/g}$. Die von uns ermittelte mittlere Cadmiumkonzentration im Blut war $1,4 \pm 1,2 \mu\text{g/l}$; die Blutbleikonzentration lag in der Studie von SUMINO und Mitarbeitern (57) bei $0,17 \pm 0,11 \mu\text{g/l}$ und in der Studie von ELLIS und Mitarbeitern (19) bei $2,2 \pm 1,0 \mu\text{g/l}$.

Die Abhängigkeit der Cadmiumgewebekonzentration vom Alter betreffend, fanden wir in der Nierenrinde die höchste mittlere Gewebekonzentration in der Altersklasse der 51-60-jährigen Patienten ($\bar{x} = 37,7 \pm 40,0 \mu\text{g/g}$), gefolgt von einer Abnahme der Cadmiumkonzentration im höheren Alter; im Nierenmark wurde eine Zunahme der Gewebekonzentration an Cadmium bis zum 70-sten Lebensjahr deutlich, nach dem 70-sten Lebensjahr war ein beträchtlicher Rückgang der Cadmiumkonzentration im Nierenmark zu sehen. Die von uns erhobenen Daten befinden sich in Übereinstimmung mit anderen Studien aus verschiedenen Teilen der Welt, denenzufolge die Nieren-Cadmiumkonzentration ansteigt bis zum mittleren Lebensalter: im höheren Lebensalter nimmt sie wieder ab (15, 16, 28, 38, 48, 54, 55, 56, 57, 60), wobei in diesen Studien zum größ-

ten Teil bereits im 40. - 50. Lebensjahr die maximale Cadmium-Gewebekonzentration erreicht wurde. KJELLSTRÖM (26) beobachtete im Nierenrindengewebe Cadmiumkonzentrationen, die fast Null waren bei der Geburt und 30 - 70 $\mu\text{g/g}$ im Alter von 50 Jahren. ELINDER und Mitarbeiter (13) stellten eine mittlere Cadmiumkonzentration in der Nierenrinde von 25 $\mu\text{g/g}$ in der Altersgruppe der 40 - 49-jährigen Patienten fest. SPICKETT und LAZNER (54) berichteten über eine mittlere Cadmiumkonzentration von 38 $\mu\text{g/g}$ in der Niere bei 50 - 60-jährigen Personen.

Wir beobachteten in unserer Studie eine geringfügige Zunahme der Cadmiumkonzentration im Muskel mit steigendem Alter; auch SALMELA und Mitarbeiter (48) beschreiben eine tendenzielle Zunahme im Muskelgewebe bei zunehmenden Alter. Ebenso wie KJELLSTRÖM (23) kamen wir zu dem Ergebnis, daß mit steigendem Lebensalter die Cadmiumausscheidung im Urin tendenziell zunimmt. Die Cadmiumkonzentration im Blut dagegen nahm mit steigendem Lebensalter kontinuierlich ab, wobei der Cadmiumgehalt im Blut als Maß für die momentane Cadmiumexposition gilt und die beruflich durch Cadmium belasteten Personen vorwiegend den Altersgruppen der Patienten bis zum 60. Lebensjahr angehören.

Bei der Unterteilung des Gesamtkollektivs in männliche und weibliche Patienten ließen sich unterschiedliche Cadmiumanreicherungen feststellen im Gewebe der Nierenrinde: während die mittlere Cadmiumkonzentration für Frauen bei $17,0 \pm 13,1 \mu\text{g/g}$

lag, war sie für Männer $32,3 \pm 34,1 \mu\text{g/g}$; am deutlichsten wurden die verschiedenen großen Cadmiumanreicherungen in männlichen und weiblichen Geweben bei Patienten, die älter als 70 Jahre alt waren. Im Nierenmark war der Unterschied weniger ausgeprägt, und im Muskelgewebe, im Vollblut und im Urin fanden sich die höheren Cadmiumkonzentrationen bei Frauen. KJELLSTRÖM (28) dagegen fand bei Frauen sowohl aus Japan als auch aus Schweden höhere mittlere Cadmiumkonzentrationen als bei Männern im Nieren-, Leber- und Muskelgewebe. SUMINO und Mitarbeiter (57) berichteten über höhere Cadmium-Gewebekonzentrationen bei Frauen besonders in der Niere und in der Leber. DRASCH (15) konnte keine signifikanten Unterschiede bei Männern und Frauen ermitteln. THÜRAUF und Mitarbeiter (60) wiederum stellten fest, daß bei Frauen die Werte von Median und maximaler Cadmiumkonzentration in Nierenrinde und - mark jeweils unterhalb denen der Männer lagen. Die höheren Cadmiumkonzentrationen im Nierengewebe der männlichen Patienten unseres Kollektivs lassen sich möglicherweise auf die größere berufliche Cadmiumexposition, insbesondere auf die größere Anzahl von stärkeren Rauchern zurückführen. Von den Patientinnen gehörte keine einer beruflich Schwermetall-belasteten Gruppe an.

Beim Zigarettenraucher stellt der Cadmiumgehalt der Zigaretten - das Rauchen von 20 Zigaretten verursacht die Inhalation von 2 - 4 μg Cadmium (22) - zusätzlich eine bemerk-

kenswerte Cadmium-Kontaminationsquelle dar. DRASCH (15) fand in der Nierenrinde von Rauchern (< 20 Zigaretten/Tag) eine Cadmiumkonzentration von $41,5 \pm 31,6 \mu\text{g/g}$, bei starken Rauchern (> 20 Zigaretten/Tag) von $73,4 \pm 8,1 \mu\text{g/g}$ und bei Nichtrauchern von $23,8 \pm 17,9 \mu\text{g/g}$ Gewebe. Die überwiegende Anzahl der Raucher unserer Kollektivs hat 20 Zigaretten/Tag geraucht, so daß sich eine Unterteilung in eine Gruppe der starken und der mäßigen Raucher erübrigte. Die Raucher wiesen eine mittlere Cadmium-Gewebekonzentration in der Nierenrinde von $42,7 \pm 34,6 \mu\text{g/g}$ auf, was gut übereinstimmt mit dem von DRASCH (15) gefundenen Ergebnis. Bei den Exrauchern lag die Cadmium-Gewebekonzentration bei $23,5 \pm 28,1 \mu\text{g/g}$ und bei den Nichtrauchern bei $10,4 \pm 6,4 \mu\text{g/g}$. Auch im Nierenmark-, Muskel- und Prostatagewebe war die Cadmiumkonzentration bei den Rauchern höher als bei den Nichtrauchern. LEWIS und Mitarbeiter (36) und OSTERGAARD (42) stellten fest, daß Raucher durchschnittlich eine doppelt so hohe Cadmiumkonzentration in ihren Geweben aufwiesen als Nichtraucher. Auch KJELLSTRÖM (28) beobachtete in den Geweben von Nierenrinde, Leber, Muskel und Urin einen etwa doppelt so hohen Cadmiumgehalt bei Rauchern (U.S.-Bürger) im Alter von 30 - 59 Jahren. ELLIS und Mitarbeiter (19) zeigten anhand von Daten, die an einer beruflich nicht gegenüber Cadmium exponierten Gruppe erhoben wurde, daß die Unterschiede der Cadmiumkonzentrationen in der Niere und in der Leber von

Rauchern und Nichtraucher signifikant waren . Auch ELINDER und Mitarbeiter (18) und SYVERSEN und Mitarbeiter (58) ermittelten in der Nierenrinde von Rauchern wesentlich höhere Cadmium-Gewebekonzentrationen als bei Nichtrauchern. EINBRODT (17) berichtet über signifikante Unterschiede zwischen den Blut-Cadmiumspiegeln von Nichtrauchern und Rauchern, wobei er bei Nichtrauchern einen Blut-Cadmiumspiegel von $2,2 \mu\text{g/l}$ und bei Rauchern von $3,3 \mu\text{g/l}$ fand. BUCHET und Mitarbeiter (8) stellten gleichfalls signifikant unterschiedliche Cadmiumkonzentrationen im Blut von Rauchern und Nichtrauchern fest. In unserer Studie waren die Werte für Raucher und Nichtraucher kleiner als bei EINBRODT (17) mit einer mittleren Cadmiumkonzentration im Blut von $1,1 \mu\text{g/l}$ für Nichtraucher und von $1,8 \mu\text{g/l}$ für Raucher.

Unter den umweltverschmutzenden Stoffen hat Cadmium eine zunehmende Bedeutung gewonnen.

Zusätzlich zur Inhalation von mit Cadmium verunreinigter Luft wird der Mensch hauptsächlich durch Wasser und Nahrung mit Cadmium belastet (22). Die Cadmiumkonzentration der Luft zeigt in Ballungsgebieten (industrielle Feuerung, Metallverarbeitung) deutlich höhere Werte als in anderen Gegenden (69). Die Ergebnisse unserer Studie zeigen in den Geweben von Nierenmark, Muskel und Prostata keine wesentlich höhere Anreicherung des Schwermetalls bei der Stadtbevölkerung. In der Nierenrinde lag die Cadmiumkonzentration entgegen unseren Erwartungen bei

der Stadtbevölkerung bei 24,3 $\mu\text{g/g}$ und bei der Landbevölkerung bei 37,1 $\mu\text{g/g}$. DRASCH (15) dagegen fand eine mittlere Cadmium-Gewebekonzentration in der Nierenrinde von 38,2 $\mu\text{g/g}$ für die Stadt- und von 27,4 $\mu\text{g/g}$ für die Landbevölkerung. Erklären läßt sich die höhere Cadmiumkonzentration im Nierenrindengewebe der Landbevölkerung unseres Kollektivs dadurch, daß diese Landbewohner in der Mehrzahl Raucher waren.

Im Vollblut war die mittlere Cadmiumkonzentration der Stadt- und Landbevölkerung gleich hoch. LAUWERYS (34) fand signifikant höhere Werte im Blut bei Bewohnern einer mit Cadmium verunreinigten Region in Belgien als bei Bewohnern einer nicht mit Cadmium verunreinigten Region. Von den Stadtbewohnern unseres Kollektivs war niemand einer durch Cadmium besonders verschmutzten Luft ausgesetzt, wie es auf Grund von Emissionen der Industrie von Liège in Belgien bekannt ist, wo LAUWERYS auch signifikant höhere Werte von Cadmium im Urin fand. In unserem Kollektiv war die Cadmiumkonzentration im Urin von Stadtbewohnern ebenfalls höher als bei Landbewohnern. Sie stieg mit zunehmendem Lebensalter der Stadtbevölkerung; die Landbevölkerung zeigte eine Abnahme.

Im biologischen Material der Patienten mit malignem Nierentumor war die Cadmium-Gewebekonzentration, insbesondere in der Nierenrinde, höher als bei jenen mit anderen Nierenerkrankheiten. Patienten mit einem Nierentumor hatten einen

mittleren Wert von $34,7 \pm 33,8 \text{ } \mu\text{g/g}$, ohne Nierentumor $20,8 \pm 24,6 \text{ } \mu\text{g/g}$. KOLONEL (30) berichtet über Personen mit malignen Nierentumoren, bei denen eine erhöhte Cadmiumexposition bekannt war. Rauchen und der berufliche Kontakt mit Cadmium erhöhten das relative Risiko für maligne Nierentumoren auf mehr als das Vierfache. WAGNER und WAGNER-HERING (64) fanden im karzinomatösen Gewebe des Urogenitaltraktes einen größeren Schwankungsbereich der Cadmiumkonzentrationen als im gesunden Nierengewebe, wobei diese in Nierenkarzinomen und Hypernephromen deutlich höher waren als im nicht metaplastisch veränderten Gewebe.

Es ist bekannt, daß die Gefahr einer inhalativen Aufnahme von Cadmium insbesondere in metallverarbeitenden Betrieben auf Grund von Verunreinigungen größer ist als in anderen Industriezweigen. Dieses fällt z.B. als Nebenprodukt bei der Veredelung von Zink und anderen Metallen an; es dient auch als Legierungszusatz beim galvanischen Metallisieren (22). In Autoreparaturwerkstätten können ebenfalls Schwermetалldämpfe auftreten. Vor allem beim Schweißen und Schmelzen von mit Cadmium überzogenen oder verunreinigten Metallen werden Cadmium-Oxid-haltige Dämpfe frei. An Patienten der Berufsgruppe 4 (Mechaniker, Schlosser und andere Berufstätige aus metallverarbeitenden Betrieben) ließen sich deutlich höhere Cadmiumkonzentrationen im Nierengewebe sowie im Blut und Urin nachweisen

als an jenen der Gruppe 1, die nicht beruflich schwermetall-exponiert waren. Die von uns gemessenen höchsten Cadmiumkonzentrationen in der Nierenrinde (116,07 und 109,26 $\mu\text{g/g}$) stammten von zwei Patienten. Beide waren Zigaretten-Raucher (ca. 20 Zigaretten/Tag). Das Rauchen allein erklärt jedoch nicht, wie unsere Ergebnisse zeigen, diese auffallend hohe Cadmiumanreicherung. Die Berufsanamnese spricht für die berufliche Belastung, denn es handelt sich um einen Schlosser einer Autowerkstätte und einen Bahnarbeiter, wobei dieser Arbeiter auch zwei Jahre lang in einer Metallfabrik (Fräsen und Schleifen von Metallteilen) tätig gewesen war. Letzterer hatte ebenfalls erhöhte Blutbleiwerte, und sein Cadmiumgehalt im Vollblut war mit 6 $\mu\text{g Cd/l}$ Vollblut gleichfalls sehr viel höher als bei den anderen Patienten mit durchschnittlich $1,4 \pm 1,2 \mu\text{g Cd/l}$ Vollblut.

WIBOWO und Mitarbeiter (67) untersuchten Arbeiter in drei verschiedenen Industriezweigen, in denen mit einer Cadmiumbelastung zu rechnen war: Verwendung von Cadmium-Stabilisatoren (Plastikproduktion), Cadmiumgelb (Tapetenherstellung), Cadmium als Legierungszusatz für Metallteile (Flugzeugmaschinenfabrik). Auch die Arbeiter der Flugzeugmaschinenfabrik hatten durchschnittlich höhere Blut- und Urin-Cadmiumkonzentrationen.

CLAUSEN und RASTOGI (12) bestimmten den Cadmiumgehalt im Blut von Automechanikern mit erhöhten Bleiwerten. Sie stellten

keine höheren Cadmiumkonzentrationen fest. WELINDER und Mitarbeiter (66) fanden an 21 Personen, die auf Grund von Lötarbeiten gegenüber Cadmium exponiert waren, einen Anstieg der Cadmiumkonzentration im Urin mit längerer Expositionszeit. Die Cadmiumwerte im Blut variierten dagegen stark und sanken nach beendeter Exposition wieder rasch ab. ROELS und Mitarbeiter (46) beschrieben eine erhebliche Speicherung von Cadmium in der Nierenrinde bei etwa der Hälfte der von ihnen untersuchten Arbeiter, die in einer Cadmium und Zink verarbeitenden Fabrik direkt mit diesen Materialien in Berührung kamen. Nach Ende der Tätigkeit sank die Cadmiumkonzentration wieder ab.

Mangan

Mangan ist ein essentielles Spurenelement, das jedoch in wesentlich geringerer Menge vom Organismus benötigt wird als Eisen, Kupfer und Zink. Hauptsächlich wird es über den Gastrointestinaltrakt aufgenommen und mit den Faeces ausgeschieden, nur zu einem geringen Teil mit dem Urin. Im Nierengewebe, besonders in der Nierenrinde ($\bar{x} = 1,050 \pm 0,640 \text{ } \mu\text{g/g}$), fanden wir einen deutlich höheren Mangangehalt als im Muskel ($\bar{x} = 0,069 \pm 0,042 \text{ } \mu\text{g/g}$) und in der Prostata. Im Nierenmark war dieser nur etwa halb so hoch wie in der Nierenrinde. FISCHER und WEIGERT (21) fanden im Nierengewebe mit $0,656 \pm 0,627 \text{ } \mu\text{g/g}$ eine niedrigere Konzentration und sind der Meinung, daß Werte bis etwa $1,500 \text{ } \mu\text{g/g}$ im Normbereich liegen dürften.

Auch SUMINO und Mitarbeiter (57) ermittelten mit $0,56 \pm 0,22 \text{ } \mu\text{g/g}$ eine niedrigere Mangankonzentration im Nierengewebe. Im Vollblut fanden wir eine mittlere Mangankonzentration von $10,4 \pm 4,7 \text{ } \mu\text{g/l}$ und bestätigten damit Ergebnisse von PLEBAN und PEARSON (44), die 60 Personen untersucht hatten. Die von uns gemessene Mangankonzentration im Urin war mit $0,6 \pm 0,8 \text{ } \mu\text{g/l}$ sehr klein. Dies läßt sich mit der bereits beschriebenen hauptsächlich biliären Ausscheidung dieses Schwermetalls in Einklang bringen.

Die Altersgruppe der 51-60 Jährigen zeigte im Nierenrinden-, Nierenmark- und Muskelgewebe höhere Mangankonzentrationen als die anderen. In der Nierenrinde war die mittlere Mangankonzentration in dieser Altersgruppe $1,347 \pm 0,528 \text{ } \mu\text{g/g}$ und im Nierenmark $1,017 \pm 1,093 \text{ } \mu\text{g/g}$, in der Altersgruppe der Patienten bis zum 50-ten Lebensjahr dagegen waren die entsprechenden Werte $0,947 \pm 0,465 \text{ } \mu\text{g/g}$ und $0,528 \pm 0,289 \text{ } \mu\text{g/g}$. Nach dem 60-ten Lebensjahr nahm die Mangankonzentration in allen Geweben wieder ab.

Im Blut und im Urin konnten wir keine eindeutige Korrelation zwischen Mangangehalt und Alter nachweisen und bestätigten damit die Resultate anderer Studien (25, 44).

Wir stellten zudem fest, daß im Vergleich zu den Frauen die Mangankonzentration in allen Geweben der Männer und in jedem Lebensalter höher ist. Deutlich war der Unterschied vor allem in der Nierenrinde mit einem Mangangehalt von

$0,721 \pm 0,415 \text{ } \mu\text{g/g}$ für die Frauen und $1,208 \pm 0,676 \text{ } \mu\text{g/g}$ für die Männer. Im Blut und im Urin waren die Unterschiede nur geringfügig. FISCHER und WEIGERT (21) stellten im Nierengewebe mittlere Mangankonzentrationen von $0,724 \pm 0,812 \text{ } \mu\text{g/g}$ (Frauen) und $0,628 \pm 0,539 \text{ } \mu\text{g/g}$ (Männer) fest, VERSIECK und Mitarbeiter (63) sowie PLEBAN und PEARSON (44) fanden keine Korrelation zwischen Geschlecht und der Mangankonzentration im Serum und im Blut.

Im Vergleich zu Nicht-Rauchern und Ex-Rauchern hatten Raucher im Nierengewebe die höheren Mangankonzentrationen. In der Nierenrinde der Raucher betrug sie $1,249 \pm 0,765 \text{ } \mu\text{g/g}$, der Nichtraucher $0,929 \pm 0,449 \text{ } \mu\text{g/g}$. Im Blut und im Urin unterschieden sich die Werte von Rauchern, Ex-Rauchern und Nicht-Rauchern wenig voneinander. Auch PLEBAN und PEARSON (44) stellten keine Beziehung zwischen Blut-Mangankonzentration und Raucherhabitus fest.

Bei der Unterteilung des Kollektivs in Stadt- und Landbewohner zeigte sich, daß die Mangankonzentration in allen Geweben, auch im Blut und Urin, in beiden Gruppierungen etwa gleich hoch war, nur die Nierenrinde der Landbevölkerung sprach für höhere Mangananreicherung.

Der Vergleich der Mangankonzentrationen in den Geweben (Nierenrinde und Nierenmark, Vollblut und Urin) der Patienten mit und ohne malignem Nierentumor ergab höhere Konzentrationen in allen Geweben der Patienten mit einem malignem Nierentumor, jedoch waren diese Unterschiede nicht signifikant. Angaben aus

der Literatur konnten wir hierzu nicht finden.

Unter Berücksichtigung der Berufsgruppen ließ sich keine eindeutig vermehrte Speicherung dieses Schwermetalls im biologischen Material in einer der 6 Gruppierungen beobachten. Bei 3 Personen wurden sehr hohe Mangankonzentrationen im Nierengewebe gefunden. Einer von ihnen war der bereits im Zusammenhang mit hohen Blei- und Cadmium-Gewebekonzentrationen angeführte Eisenbahnarbeiter, der außerdem auch einige Jahre lang in einer metallverarbeitenden Fabrik (Fräsen und Schleifen von verschiedensten Metallteilen, Verarbeitung von Stahl) gearbeitet hatte. Da bei der Bearbeitung von Stahl durch das Abschmelzen manganhaltiger Zusatzwerkstoffe verfahrensbedingt unterschiedliche Mengen an MnO_2 in die Luft emittieren, ist eine beruflich bedingte Ursache für die hohe Mangan-Gewebekonzentration ($2,105 \mu\text{g/g}$ Nierenrindengewebe) bei diesem Arbeiter als wahrscheinlich anzusehen. $3,346 \mu\text{g Mn/g}$ Nierenrinde wiesen wir bei einem Fassaden- und Möbel-Anstreicher nach; die Anamnese des dritten Arbeiters ergab keinen Anhalt für eine beruflich bedingte stärkere Aufnahme. GRUND (25), der den Mangangehalt im Haar von Schweißern untersuchte, fand hier beträchtlich höhere Werte als in einem nichtexponierten Kontrollkollektiv. Eine engere Abhängigkeit zwischen dem Mangangehalt im Serum und dem Haar bestand nicht.

V. Zusammenfassung

Wegen der breiten Verwendung in den verschiedensten Arbeitsprozessen kommt den Schwermetallen Blei, Cadmium und Mangan als potentielle Krankheitsursache eine große arbeits- und umweltmedizinische Bedeutung zu. Über die Belastung der Allgemeinbevölkerung sowie beruflich exponierter Personen wurde in der Literatur vielfach berichtet. Zahlreiche Autoren untersuchten in diesem Zusammenhang den Organgehalt an Schwermetallen in autopsisch und nur wenige in biopsisch oder intraoperativ gewonnenen Gewebeproben. Eine Befragung und gezielte Erhebung der Berufs- und Umweltanamnese war deshalb in der Mehrzahl nicht durchführbar.

Studien, in denen diese Schwermetalle sowohl in Organen als auch in Blut und Urin gemessen und zudem mit anamnestischen Daten zu Beruf und Umwelt korreliert wurden, sind aus der uns verfügbaren Literatur nicht bekannt. Anhand eines nephrologisch-urologischen Krankengutes wollten wir deshalb klären, ob eine Abhängigkeit zwischen Blei-, Cadmium- und Mangangehalt in den verschiedenen Geweben einerseits und Alter, Geschlecht, Lebensgewohnheiten und Beruf andererseits zu erkennen ist. Darüberhinaus haben wir uns mit der Frage beschäftigt, ob Korrelationen bestehen zwischen den Blut- und Urinkonzentrationen und den Gewebekonzentrationen, da letztere nur autopsisch, biopsisch oder intraoperativ gewonnen werden können.

Von insgesamt 60 Patienten, die aus urologisch-nephrologischer Indikation operiert werden mußten, sammelten wir Gewebeproben von Nierenrinde und Nierenmark, Muskel, Prostata sowie Blut und 24-Stunden-Urin und analysierten mittels AAS die Schwermetalle Blei, Cadmium und Mangan. Alle Patienten wurden eingehend zu ihrer Anamnese unter besonderer Berücksichtigung der Rauchgewohnheiten, der beruflichen Tätigkeit, ihrer Umwelt und ihren Ernährungsgewohnheiten befragt.

Wir kamen zu den im einzelnen aufgeführten Ergebnissen:

1. Die Blei-, Cadmium- und Mangangewebekonzentration ist am höchsten im Nierengewebe und hier in der Nierenrinde mehr als doppelt so hoch wie im Nierenmark. Verglichen damit sind die Gewebekonzentrationen im Muskel und in der Prostata sehr gering.
2. Die von FRIBERG angegebene Grenzwertkonzentration von 200 μg Cadmium/g Nierenrindengewebe wird nicht erreicht in der vorliegenden Studie. Die von uns gefundenen Höchstwerte betragen 109,3 und 116,1 μg Cadmium/g Gewebe.
3. Der BAT-Wert von 70 μg Blei/dl Blut wird nicht erreicht in dieser Studie.
4. Die Blei-, Cadmium- und Mangankonzentration im Nierenrinden-, Nierenmark- und Muskelgewebe ist ansteigend bis zur 6. Lebensdekade, danach wieder abfallend.

5. Statistisch signifikant höher sind die Blei- und Mangan-
gewebekonzentrationen in der Nierenrinde der Männer im
Vergleich zu den entsprechenden Werten in der Nierenrinde der
Frauen (für Blei $\rho \leq 0,01$ und für Mangan $\rho \leq 0,05$). Im
Nierenrindengewebe ist die Bleigewebekonzentration bei den
Männern mit zunehmendem Alter ansteigend, während bei
Frauen eine Abnahme zu sehen ist. Die mittlere Cadmiumgewebe-
konzentration in der Niere ist bei Männern höher als bei
Frauen, jedoch ist der Unterschied nicht signifikant.
6. Statistisch signifikant kleiner sind die Bleigewebekonzentra-
tionen in der Nierenrinde der Nichtraucher im Vergleich zu
denen der Raucher ($\rho \leq 0,05$). Auch im Blut ist die mittlere
Bleikonzentration bei Nicht-Rauchern signifikant kleiner
als bei Rauchern ($\rho \leq 0,05$). Nicht-Raucher weisen gleich-
falls signifikant kleinere Cadmiumgewebekonzentrationen in
der Nierenrinde ($\rho \leq 0,01$) und im Nierenmark ($\rho \leq 0,01$)
als Raucher auf.
7. Die Gegenüberstellung von Stadt- und Landbewohnern ergibt
etwa gleich hohe Blutkonzentrationen an Cadmium und Mangan
für die beiden Gruppierungen, während die Blutkonzentration
an Blei bei den Stadtbewohnern signifikant höher ist als
bei den Landbewohnern ($\rho \leq 0,05$).
8. Die Akkumulation von Schwermetallen im metaplastisch verän-
derten Nierengewebe betreffend beobachteten wir, daß die

Blei-, Cadmium- und Mangankonzentration in Nierenrinde und Nierenmark von Patienten mit einem malignen Nieren-Tumor die Konzentration von Patienten ohne einen malignen Tumor übertrifft, daß jedoch der Unterschied nicht signifikant ist. Der Schwankungsbereich der Konzentrationen ist im karzinomatösen Gewebe größer als im nicht karzinomatösen Gewebe. Dies könnte auf einen Zusammenhang zwischen erhöhtem Schwermetallgehalt in metaplastisch veränderten Nieren und Kanzerogenese hindeuten.

9. Bei dem Vergleich der Schwermetallkonzentrationen von Personen verschiedener Berufsgruppen zeigte sich, daß der Blei- und Cadmiumgehalt in Nierenrinde und Nierenmark sowie im Blut beruflich exponierter Personen wie Mechanikern, Schlossern und anderen Berufstätigen aus metallverarbeitenden Betrieben durchschnittlich höher ist als der beruflich nicht exponierter Personen wie Hausfrauen, Verkäufern und Büroangestellten. Es kann somit festgestellt werden, daß auch in einem randomisierten Patientenkollektiv aus dem Großraum München eine tendenzielle Abhängigkeit zwischen beruflicher Tätigkeit und Schwermetallgewebekonzentration (Blei, Cadmium) - insbesondere im Nierenrindengewebe - zu beobachten ist.
10. Engere Korrelationen zwischen den Schwermetallgehalten im Blut und im Urin und in den einzelnen Geweben (Niere, Muskel und Prostata) lassen sich für das von uns untersuchte Kollektiv nicht nachweisen.

Literaturverzeichnis

1. Armstrong, B.G.; Katzantzis, G.:
The mortality of Cadmium-workers.
Lancet 25 (1983) 1425-1427.
2. Baker, L.E.; Goyer, R.A.; Fowler, B.A.; Khetry, U.;
Bernard, D.B.; Adler, S.; Vere White, R.; Babayan, R.;
Feldmann, R.G.:
Occupational Lead Exposure, Nephropathy, and Renal Cancer.
Am. J. Ind. Med. 1 (1980) 139-148.
3. Barry, P.S.I.; Mossman, D.B.:
Lead concentrations in human tissues.
Br. J. Ind. Med. 27 (1970) 339-351.
4. Barry, P.S.I.:
A comparison of concentrations of lead in human tissues.
Br. J. Ind. Med. 32 (1975) 119-139.
5. Bergmann, H.; Hall, G.; Schaller, K.H.:
Blutbleiuntersuchungen in Bayern im Rahmen einer EG-Studie.
Bayerisches Ärzteblatt 5 (1980) 464-470.
6. Blumer, W.; Reich, T.:
Bleibenzin und Krebsmortalität.
Schweiz. Med. Wschr. 106 (1976) 503-506.

7. Brown,C.P.; Spivey,G.H.; Valentine,J.L.; Browdy,B.L.:
Cigarette Smoking and Lead Levels in Occupationally
Exposed Lead Workers.
J. Toxicol Environ. Health 6 (1980) 877-883.
8. Buchet,J.P.; Roels,H.; Bernard,A.; Lauwerys,R.:
Assessment of Renal Function of Workers Exposed to Inorganic
Lead, Cadmium or Mercury Vapor.
J. Occup. Med. 22 ,11 (1980) 741-750.
9. Campbell,B.C.; Elliot,H.L.; Meredith,P.A.:
Lead Exposure and Renal Failure: Does Renal Insufficiency
Influence Lead Kinetics?
Toxicol. Lett. 9 (1981) 121-124.
10. Caprio,R.J.; Margulis,H.L.; Joseland,M.M.;Newark,N.J.:
Lead Absorption in Children and its Relationship to Urban
Traffic Densities.
Arch. Environ. Health 28 (1974) 195-198.
11. Clausen,J.; Rastogi,S.C.:
Heavy metal pollution among autoworkers: I. Lead.
Br. J. Ind. Med. 34 (1977) 208-215.
12. Clausen,J.; Rastogi,S.C.:
Heavy metal pollution among autoworkers: II. Cadmium,
chromium, copper, manganese, and nickel.
Br. J. Ind. Med. 34 (1977) 216-220.

13. Colle,A.; Grimaud,J.A.; Boucherat,M.; Manuel,Y.:
Lead Poisoning in Monkeys: Functional and Histopathological
Alterations of the Kidneys.
Toxicology 18 (1980) 145-158.
14. Cramer,K.; Goyer,R.A.; Jagenburg,R.; Wilson,M.H.:
Renal ultrastructure, renal function, and parameters of
lead toxicity in workers with different periods of lead
exposure.
Br. J. Ind. Med. 31 (1974) 113-127.
15. Drasch,G.A.:
Kadmium-Belastung im südbayerischen Raum.
Münch. med. Wschr. 124 (1982) 1129-1132.
16. Drasch,G.A.:
An Increase of the Cadmium Body Burden for this Century-
An Investigation on Human Tissues.
Science of the Total Environment 26 (1983) 111-119.
17. Einbrodt,H.J.; Rosmanith,J.; Prajsnar,D.:
Der Cadmiumgehalt im Blut und Rauchgewohnheiten.
Naturwissenschaften 63 (1976) 148.
18. Elinder,C.-G.; Kjellström,T.; Friberg,L.; Lind,B.;
Linman,L.:
Cadmium in Kidney Cortex, Liver, and Pancreas from
Swedish Autopsies.
Arch. Environ. Health 31 (1976) 292-302.

19. Ellis, K.J.; Vartsky, D.; Zanzi, J.; Cohn, S.H.; Yasumura, S.:
Cadmium: In vivo Measurement in Smokers and Nonsmokers.
Science 205 (1979) 323-325.
20. Essing, H.-G.; Schaller, K.-H.; Szadkowski, D.; Lehnert, G.:
Usuelle Cadmiumbelastung durch Nahrungsmittel und Getränke.
Arch. Hyg. 153 , 6 (1969) 490-494.
21. Fischer, H.; Weigert, P.:
Die Schwermetalle Kupfer, Quecksilber, Mangan und Zink
in menschlichen Organen.
Öff. Gesundheitswes. 39 (1977) 269-278.
22. Friberg, L.; Piscator, M.; Nordberg, G.J.; Kjellström, T.:
Cadmium in the Environment.
2 nd Edn, CRC Press, Cleveland, Ohio (1974).
23. Geldmacher-v.Mallinckrodt, M.; Opitz, O.:
Zur Diagnostik der Cadmium-Vergiftung. Der normale
Cadmiumgehalt menschlicher Organe und Flüssigkeiten.
Arbeitsmed.-Sozialmed.-Arbeitshyg. 10 (1968) 276-279.
24. Grandjean, P.; Berg Olsen, N.; Hollnagel, H.:
Influence of Smoking and Alcohol Consumption on Blood
Lead Levels.
Int. Arch. Occup. Environ. Health 48 (1981) 391-397.
25. Grund, W.:
Manganeinlagerungen in das Kop haar des Menschen, ein
Maßstab für die Expositionsbewertung.
Arch. exp. Veterinärmed. 34 , 3 (1980) 347-351.

26. Hong, C.D.; Hanenson, I.B.; Lerner, S.; Hammond, P.B.;
Pesce, A.J.; Pollak, V.E.:
Occupational exposure to lead: Effects on renal function.
Kidney Int. 18 (1980) 489-494.
27. Kjellström, T.; Nordberg, G.F.:
A Kinetic Model of Cadmium Metabolism in the Human Being.
Environ. Res. 16 (1978) 248-269.
28. Kjellström, T.:
Exposure and Accumulation of Cadmium in Populations from
Japan, the United States, and Sweden.
Environ. Health Perspect. 28 (1979) 169-197.
29. Kollmeier, H.; Seemann, J.; Wittig, P.; Wittig, Ch.; Rothe, G.:
Metallanreicherung in Humangewebe. Chrom, Nickel, Blei,
Cadmium und Zink in Lunge, Leber, Milz und Niere.
Schriftreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz/
Forschungsbericht 347, Bd. VI, Dortmund (1985).
30. Kolonel, L.N.:
Association of Cadmium with Renal Cancer.
Cancer 37 (1976) 1782-1787.
31. Lauwerys, R.R.; Buchet, J.P.; Roels, H.-A.; Browsers, J.;
Stanescu, D.:
Epidemiological Survey of Workers Exposed to Cadmium.
Arch. Environ. Health 28 (1974) 145-148.

32. Lauwerys, R.R.; Roels, H.A.; Buchet, J.-P.; Bernard, A.;
Stanescu, D.:
Investigations on the Lung and Kidney Function in Workers
Exposed to Cadmium.
Environ. Health Perspect. 28 (1979) 137-145.
33. Lauwerys, R.R.; Roels, H.; Regniers, M.; Buchet, J.-P.;
Bernard, A.; Goret, A.:
Significance of Cadmium Concentration in Blood and in
Urine in Workers Exposed to Cadmium.
Environ. Res. 20 (1979) 375-391.
34. Lauwerys, R.R.; Roels, H.; Bernard, A.; Buchet, J.P.:
Renal Response to Cadmium in a Population Living in a
Nonferrous Smelter Area in Belgium.
Int. Arch. Occup. Environ. Health 45 (1980) 271-274.
35. Lehnert, G.:
Chronische Schwermetallvergiftungen.
Internist 17 (1976) 411-419.
36. Lewis, G.P.; Jusko, W.J.; Coughlin, L.L.:
Cadmium Accumulation in Man: Influence of Smoking,
Occupation, Alcoholic Habit, and Disease.
J. Chron. Dis. 25 (1972) 717-726.
37. Lilis, R.; Fischbein, A.; Valciukas, J.A.; Blumberg, W.;
Selikoff, I.J.:
Kidney Function and Lead: Relationships in Several
Occupational Groups with Different Levels of Exposure.
Am. J. Ind. Med. 1 (1980) 405-412.

38. Méranger, J.C.; Conacher, H.B.S.; Cunningham, H.M.;
Krewski, D.:
Levels of Cadmium in Human Kidney Cortex in Canada.
Can. J. Publ. Health 72 , 4 (1981) 269-272.
39. Moore, M.R.; Meredith, P.A.:
The Carcinogenicity of Lead.
Arch. Toxicol. 42 (1979) 87-94.
40. Morgan, J.M.; Hartley, M.W.; Miller, R.E.:
Nephropathy in Chronic Lead Poisoning.
Arch. Intern. Med. 118 (1966) 17-29.
41. Nogawa, K.; Kobayashi, E.; Honda, R.; Ishizaki, A.;
Kawaro, S.; Matsuda, H.:
Renal Dysfunctions of Inhabitants in a Cadmium-Polluted
Area.
Environ. Res. 23 (1980) 13-23.
42. Østergaard, K.:
Concentration of cadmium in renal tissue in smokers and
non-smokers.
Ugeskr. Laeg. 139 (1977) 989-991.
43. Paulev, P.-E.; Gry, C.; Dossing, M.:
Motor Nerve Conduction Velocity in Asymptomatic Lead Workers.
Int. Arch. Occup. Environ. Health 43 (1979) 37-43.

44. Pleban, P.A.; Pearson, K.A.:

Determination of Manganese in Whole Blood and Serum.

Clin. Chem. 25, 11 (1979) 1915-1918.

45. Richter, E.D.; Jaffe, Y.; Gruener, N.:

Air and Blood Lead Levels in a Battery Factory.

Environ. Res. 20 (1979) 87-98.

46. Roels, H.A.; Lauwerys, R.R.; Buchet, J.-P.; Bernard, A.;

Chettle, D.R.; Harvey, T.C.; Al-Haddad, J.K.:

In vivo Measurement of Liver and Kidney.

Cadmium in Workers Exposed to this Metal: Its Significance with Respect to Cadmium in Blood and Urine.

Environ. Res. 26 (1981) 217-240.

47. Roels, H.A.; Djubgang, J.; Buchet, J.-P.; Bernard, A.;

Lauwerys, R.:

Evolution of Cadmium-induced renal dysjunction in workers removed from exposure.

Scand. J. Work Environ. Health 8 (1982) 191-200.

48. Salmela, S.S.; Vuori, E.; Hunnan-Seppälä, A.; Kilpiö, J.O.:

Body burden of cadmium in man at low level of exposure.

Science of the Total Environment 27 (1983) 89-95.

49. Sartor, F.; Rondice, D.:

Blood Lead Levels and Age: A Study in Two Male Urban Populations Not Occupationally Exposed.

Arch. Environ. Health 35, 2 (1980) 110-116.

50. Schaller, K.H.; Weltle, D.; Schiele, R.; Weißflog, S.;
Mayer, P.; Valentin, H.:
Pilotstudie zur Quantifizierung der Bleiwirkung in der
Keramischen und Glas-Industrie.
Zbl. Arbeitsmed. 31, 11 (1981) 442-452.
51. Schollmeyer, P.; Zimmermann, W.:
Berufliche Exposition und chronische Nephritis.
Arbeitsmed.-Sozialmed.-Präventivmed. 1 (1979) 6-8.
52. Schroeder, H.A.; Brattleboro, V.T.; Tipton, I.H.:
The Human Body Burden of Lead.
Arch. Environ. Health 17 (1968) 965-978.
53. Smith, T.J.; Anderson, R.J.; Reading, J.C.:
Chronic Cadmium Exposures Associated With Kidney Function
Effects.
Am. J. Ind. Med. 1 (1980) 319-337.
54. Spickett, J.T.; Lazner, J.:
Cadmium Concentrations in Human Kidney and Liver Tissues from
Western Australia. Bull. Environ. Contam. Toxicol 23 (1979) 627-
630.
55. Stanley, B.G.; Yeager, D.W.; Middendorf, M.S.:
Cadmium in Liver, Kidney, and Hair of Humans,
Fetal through old age.
J. Toxicol. Environ. Health 2 (1976) 153-167.
56. Sugita, M.:
The Biological Half-Time of Heavy Metals.
Int. Arch. Occup. Environ. Health 41 (1978) 25-40.

57. Sumino,K.; Hayakawa,K.; Shibata,T.; Kitamura,S.:
Heavy Metals in Normal Japanese Tissues.
Arch. Environ. Health 30 (1975) 487-495.
58. Syversen,T.L.M.; Stray,T.K.; Syversen,G.B.; Ofstad,J.:
Cadmium and Zinc in Human Liver and Kidney.
Scand. J. Clin. Lab. Invest. 36 (1976) 251-256.
59. Szadowski,D.; Schultze,H.; Schaller,K.-H.; Lehnert,G.:
Zur ökologischen Bedeutung des Schwermetallgehaltes von
Zigaretten.
Arch. Hyg. 153, 1 (1969) 1-8.
60. Thürauf,J.R.E.; Schaller,K.-H.; Valentin,H.; Weltle,D.:
Zur gegenwärtigen Belastung der Bevölkerung mit Kadmium.
(Vergleich der Kadmium-Konzentrationen im Nierengewebe
von Autopsiefällen aus den Jahren 1969-1980).
Fortschr. Med. 99 ,33 (1981) 1312-1317.
61. Tipton,I.H.; Cook,M.J.:
Trace Elements in Human Tissue. Part II. Adult Subjects
From The United States.
Health Phys. 9 (1963) 103-145.
62. Tipton,I.H.; Schroeder,H.A.; Perry,H.M.; Cook,M.J.:
Trace Elements in Human Tissue. Part III. Subjects From
Africa, The Near East and Far East, and Europe.
Health Phys. 11 (1965) 403-451.

63. Versieck, J.; Barbier, F.; Speecke, A.; Hoste, J.:
Normal Manganese Concentrations in Human Serum.
Acta Endocrinol. 76 (1974) 783-788.
64. Wagner, K.-H.; Wagner-Hering, E.:
Der Nachweis von Blei, Cadmium und polyzyklischen
aromatischen Kohlenwasserstoffen im karzinomatösem
Gewebe des Urogenitalsystems.
Krebsgeschehen 2, 12 (1980) 25-29.
65. Wedeen R.P.; Maesaka, J.-K.; Weiner, B.; Lipat, G.A.;
Lyons, M.M.; Vitale, L.F.; Joselow, M.M.:
Occupational Lead Nephropathy.
Am. J. Med. 59 (1975) 630-641.
66. Welinder, H.; Skerfving, S.; Henriksen, O.:
Cadmium metabolism in man.
Br. J. Ind. Med. 34 (1977) 221-228.
67. Wibowo, A.A.E.; Herber, R.F.M.; van Deyck, W.; Zielhuis, R.L.:
Biological Assessment of Exposure in Factories with Second
Degree Usage of Cadmium Compounds.
Int. Arch. Occup. Environ. Health 49 (1982) 265-273.
68. Zollinger, H.U.:
Durch chronische Bleivergiftung erzeugte Nierenadenome-
und carcinome bei Ratten und ihre Beziehungen zu den
entsprechenden Neubildungen des Menschen.
Virchows Arch. 323 (1953) 694-710.

69. Zumkley ,H.; Bertram,H.D.:

Spurenelemente.

Münch. med. Wsch. 124 (1982) 709-711.

Lebenslauf

Monika Tewordt, geboren am 12. 2. 1958 in Urbana/Illinois, USA, als Tochter des Ludwig Tewordt, o. Professor für Theoretische Physik an der Universität Hamburg, und seiner Ehefrau Dr. Maria Tewordt geb. Vollmer.

1965 - 1968 Besuch der Grundschule in Quickborn,
Schleswig-Holstein.

1968 - 1977 Besuch des Gymnasiums in Quickborn.

29. 6. 1977 Erwerb der Allgemeinen Hochschulreife am
Gymnasium Quickborn.

1977 - 1979 Studium der Biologie und Medizin an der
Westfälischen Wilhelms-Universität in Münster.

1979 - 1981 Studium der Medizin an der Universität
Saarbrücken.

24. 3. 1981 Ärztliche Vorprüfung in Saarbrücken.

1981 - 1985 Studium der Medizin an der
Ludwig-Maximilians-Universität in München.

15. 5. 1985 Ärztliche Prüfung in München.

1. 3. 1985 Assistenzärztin auf der Chirurgischen

- 31. 1. 1986 Abteilung des Kreis-Krankenhauses Nittenau
im Landkreis Schwandorf.

Seit 2. 2. 1986 Assistenzärztin in der Anästhesiologischen
Abteilung des Städtischen Marien-Krankenhauses
in Amberg.

Herrn Prof. Dr. G. Fruhmann danke ich für die Überlassung
des Themas.

Herrn Priv.- Doz. Dr. Dr. R. Kessel

und den Herren Dr. A. Friesen, Dipl.-Ing. Dr. Kolomann Bencze
und Dipl.-Ing. Dr. R. Mauermayer

danke ich für die große Unterstützung bei der Durchführung
dieser Arbeit.

